



TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* EM DIPLOMAS DE GRADUAÇÃO NO FORMATO DIGITAL NO SISTEMA DE EDUCAÇÃO BRASILEIRO

Eliézer de Oliveira Fernandes¹, José Leonardo Oliveira Lima¹
eliezer.oliveirasiueg@gmail.com, jjleo@ueg.br (<https://orcid.org/0000-0001-8869-3056>)

¹ Universidade Estadual de Goiás, Sistemas de Informação, Anápolis, Goiás

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo analisar a potencialidade da tecnologia blockchain na expedição de diplomas de graduação digitais, no contexto do sistema de educação superior brasileiro, e sugerir um processo teórico de aplicação do blockchain na emissão de diplomas. A pesquisa foi exploratória e metodológica, utilizando de procedimentos de pesquisa bibliográfica e documental (legislação e regulamentação). Conclui-se, que: o uso do blockchain para expedição e registro de diplomas de graduação mostra-se promissor; a sugestão de aplicação de blockchain apresentada utilizou o Hyperledger e levou em consideração o complexo sistema de educação superior do Brasil e suas especificidades.

Palavras-Chave: Blockchain, Documentos acadêmicos, Regulação do ensino superior, Emissão de diplomas de graduação, Segurança da Informação.

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN DIGITAL UNDERGRADUATE DIPLOMAS IN BRAZILIAN EDUCATION SYSTEM

ABSTRACT: This work aimed to analyze the potential of blockchain technology in the making of digital undergraduate diplomas in the context of Brazilian higher education system and to suggest a theoretical process for applying blockchain in digital diplomas. The research was exploratory and methodological, using bibliographic and documentary research procedures (legislation and regulations). It is concluded that: the use of the blockchain for issuing and registering undergraduate degrees is promising; the suggested blockchain application process used Hyperledger and considered the complex system of higher education in Brazil and its specificities.

Keywords: Academic documents, Blockchain, Information Security, Issuance of undergraduate degree certificates, Higher Education regulation.

1. INTRODUÇÃO

O Ministério da Educação (MEC) é o responsável legal por coordenar e definir o funcionamento do ensino superior no Brasil. Todo o processo ocorre amparado nas leis existentes, portarias, decretos e também na adoção de novos padrões que visam melhorar os processos existentes, todos norteados pela Lei Nacional de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 (BRASIL, 1996) que regulamenta o capítulo sobre Educação da Constituição Federal de 1988 (BRASIL,



1988).

Uma das mais recentes mudanças estabelecidas pelo MEC, foi a proposta para adoção do formato digital do diploma de graduação em instituições de ensino superior. A publicação da Portaria MEC N° 330, de 05 de abril de 2018 e Portaria MEC N° 554, de 11 de março de 2019, teve como objetivo padronizar a emissão de diplomas de graduação em formato digital, utilizando-se de conceitos de criptografia, segurança da informação e especificidades de expedição de diplomas (BRASIL, 2018, 2019).

A proposta, além de padronizar a emissão de diplomas, visa reduzir os processos burocráticos na expedição de diplomas, como também criar um meio em que as instituições possam disponibilizar o diploma digital, para os egressos, de forma *online*.

Uma das características da proposta é garantir a disponibilidade dos diplomas. Pressupõe-se dois fatores importantes desta característica: o primeiro fator é o formato digital, que possibilita disponibilizar os diplomas de forma *online*; já o segundo fator, implícito nas portarias, refere-se à recuperação de dados, com a garantia de recuperação atemporal do diploma, inclusive em situações extremas de descredenciamento ou fechamento de uma Instituição de Educação Superior (IES), situação essa que o MEC é responsável por acompanhar a destinação dos documentos formais (diplomas, históricos etc.) produzidos pela instituição descredenciada ou fechada, indicando e supervisionando uma instituição depositária. Isso caracteriza um importante passo na preservação digital e compartilhamento seguro de informações.

A portaria publicada pelo MEC (BRASIL, 2018, 2019) optou por uma solução centralizada, usando padrões de segurança da Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil).

Com as constantes evoluções tecnológicas, um dos assuntos em voga é a criptomoeda e a tecnologia por trás, o *blockchain*. Diversas áreas podem se beneficiar da tecnologia do *blockchain*, dentre elas a educação.

A adoção do formato digital de diplomas apresenta requisitos e características que podem ser atendidas com a utilização de *blockchain*. Diferentemente da opção feita pelo MEC de um modelo centralizado, o *blockchain* oferece um modelo descentralizado passível de atender outras necessidades que são de responsabilidade do MEC como, por exemplo, garantia do acesso aos diplomas, no caso de fechamento ou descredenciamento de uma IES; supervisão do processo de emissão e validação de diplomas.

Face ao exposto, colocou-se como problema de pesquisa: “Qual a potencialidade da tecnologia *blockchain* a fim de emitir, arquivar e validar diplomas de graduação em formato digital?”

A pesquisa teve como objetivo analisar a potencialidade da tecnologia em um sistema distribuído para emissão e registro de diplomas de graduação e sugerir um processo teórico de aplicação do *blockchain* na emissão de diplomas no Brasil.

O trabalho foi um estudo de caráter exploratório e metodológico, que também se utilizou de pesquisa documental (leis, decretos e portarias) e bibliográfica, com pesquisa em livros e em trabalhos acadêmicos, comunicações, e artigos indexados em bases de dados científicas.

A pesquisa, apesar de não ter tido a finalidade de desenvolver uma aplicação, apresenta grande importância por mapear o processo de emissão de diplomas no complexo sistema de educação brasileiro e apontar as potencialidades da tecnologia *blockchain* aplicadas no contexto da educação superior, na preservação digital envolvida na emissão, recuperação e validação da autenticidade de diplomas de graduação digitais.

2. BLOCKCHAIN NA EMISSÃO DE DIPLOMAS NA EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRA

2.1 Blockchain

A popularização da internet e, posteriormente, do comércio eletrônico com a dependência, quase que em sua totalidade, de instituições financeiras como terceiros confiáveis para processar os pagamentos originados do comércio eletrônico, tornou-se um dos principais motivadores da criação da criptomoeda¹ *bitcoin*. A proposta feita por Nakamoto define um sistema de dinheiro eletrônico puramente distribuído, sem a necessidade de um garantidor de confiança, neste caso os intermediadores (NAKAMOTO, 2008).

A principal tecnologia utilizada para desenvolver o *bitcoin* foi o *blockchain*, que envolve uma maneira especial de guardar e garantir a integridade dos dados sem a necessidade de uma entidade centralizadora.

Blockchain, apesar de ser uma tecnologia que ganhou notoriedade recentemente, surgiu com a publicação científica de Haber e Stornetta, que propuseram procedimentos que inseriam um *timestamp* (carimbo de tempo) em arquivos digitais, com objetivo de garantir a integridade dos arquivos. A proposta para proteção de arquivos utiliza-se de procedimentos computacionais e criptográficos capazes de manter a privacidade de arquivos, além do *timestamp* impedir qualquer

¹ Criptomoeda é uma moeda digital que utiliza criptografia como fator de segurança.

tentativa de alteração por parte do usuário (HABER; STORNETTA, 1991).

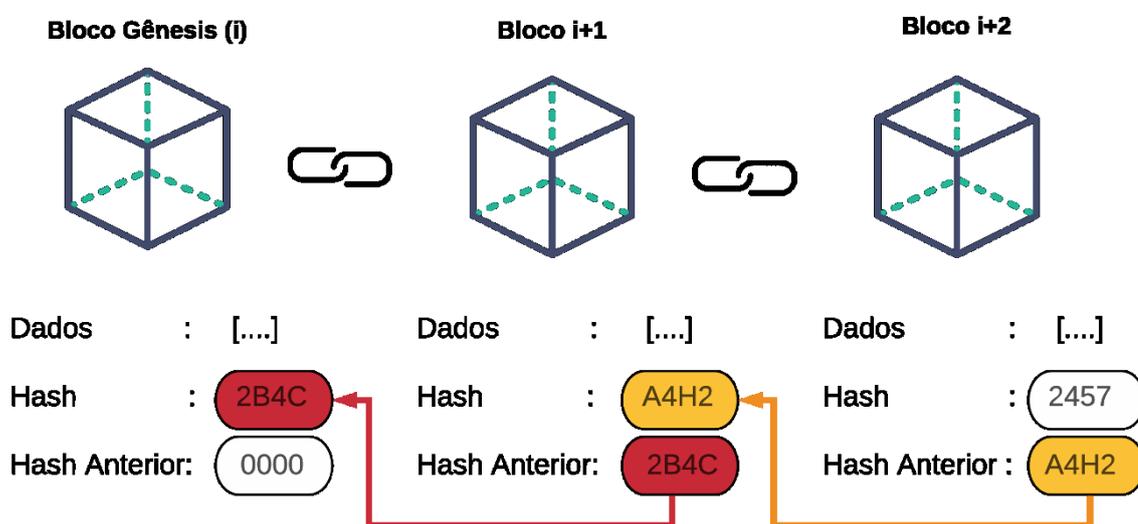
Posteriormente, a solução supracitada foi adaptada por Nakamoto (NAKAMOTO, 2008), porém somente em 2009 a sua implementação foi concluída (ZHENG et al., 2017). A implementação, posteriormente chamada de *blockchain*, foi utilizada para construir o sistema de pagamentos eletrônico *bitcoin*, baseado em prova criptográfica ao invés de confiança.

Conforme as discussões sobre *blockchain* foram evoluindo, novas abordagens foram introduzidas. Drescher esclarece que o termo *blockchain* pode ser abordado como uma estrutura de dados, um algoritmo, um conjunto de tecnologias ou um termo amplo para sistemas distribuídos (DRESCHER, 2018).

2.1.1 A tecnologia do blockchain

Drescher define, de forma simplificada, que *blockchain* é um repositório no qual qualquer tipo de dado pode ser armazenado (DRESCHER, 2018), sendo também chamado *ledgers* de transações (WALRTIN, 2018). Com tal característica, consegue-se a imutabilidade de um bloco (que envolve um conjunto de dados), permitindo que outros blocos possam ser agregados, formando uma cadeia de blocos interligados, um dando consistência ao outro, como pode ser visto na figura 1.

Figura 1 - Exemplo de um blockchain.



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Zheng et al. (2017).

Por não dependerem de terceiros ou intermediários, como intuições financeiras, por exemplo, cada nó membro de uma rede *blockchain* utiliza um protocolo de consenso para aprovar

novas inserções. (BRAKEVILLE; PEREPA, 2019).

Além do mecanismo de consenso, também há uso combinado de *hashes*² criptográficos e assinaturas digitais³ para que as transações tenham integridade. O consenso ocorre para garantir que os “nós”⁴ sejam cópias exatas e também reduz a possibilidade de transações indevidas. *Hashes* criptográficos, como o SHA256, possibilitam que qualquer alteração, por menor que seja, resulte em um novo valor de *hash*, possibilitando identificar uma tentativa de alteração. Já as assinaturas digitais garantem que a origem das transações seja de remetentes válidos (que são geradas por chaves privadas em criptografia assimétrica) e não do fraudador (BRAKEVILLE; PEREPA, 2019).

Uma rede *blockchain* descentralizada, também chamada de ponto-a-ponto, consegue impedir que participantes possam controlar a infraestrutura. Para fazer parte de uma rede *blockchain*, obrigatoriamente, deve-se aderir ao mesmo protocolo de comunicação, sendo que os participantes podem ser indivíduos, organizações, atores estatais ou uma combinação de todos os tipos de participantes (BRAKEVILLE; PEREPA, 2019).

Essencialmente, no *blockchain* ocorre o registro das transações em uma ordem cronológica e cada nó aceita a validade da transação, através do consenso. O processo resulta em transações que não podem ser alteradas ou revertidas, a não ser que uma alteração tenha o consentimento e aprovação por todos os membros de uma transação subsequente (BRAKEVILLE; PEREPA, 2019).

² Conforme Kim e Solomon (2014), funções de *hash* têm como objetivo realizar um cálculo de soma para verificação de determinada mensagem, o que permite verificar a integridade da mensagem; os algoritmos de *hash* geralmente retornam um resultado de tamanho padrão. Exemplo de uso de *hash*: para armazenar um conjunto de dados e certificar-se posteriormente da sua integridade, aplica-se a função *hash* nesse conjunto de dados; tanto o conjunto de dados como o valor *hash* resultante são, então, armazenados; em um uso posterior do conjunto de dados, estes serão submetidos ao cálculo realizado pela função *hash* novamente; o resultado desse cálculo, então, deverá ser comparado com o valor do *hash* que foi originalmente armazenado; se for igual, o conjunto de dados está íntegro, se for diferente, então o conjunto de dados teve a integridade comprometida.

³ Uma assinatura digital atesta a validade de determinados dados utilizando-se de algoritmos criptográficos de chaves assimétricas (que é composta por uma chave privada e uma pública). Devido a maneira como as chaves assimétricas são criadas, consegue-se assegurar a integridade da mensagem e autenticidade do emissor. Para gerar uma assinatura digital, é necessário assinar a mensagem (conjunto de dados) com um *hash* em conjunto com uma chave privada (que é confidencial e nunca revelada). Qualquer pessoa que esteja de posse da chave pública, pode se certificar se a mensagem foi realmente gerada pela chave privada. Esse processo assegura a origem e autoria da mensagem, além de comprovar a integridade, ou seja, que nenhuma alteração indevida foi realizada na mensagem (KIM; SOLOMON, 2014).

⁴ Nó, no contexto de *blockchain*, é um elemento da rede onde os *ledgers* são armazenados.

2.1.2 Tipos de blockchain

Lin e Liao definem que a tecnologia *blockchain* pode ser classificada em três tipos: *blockchain* público, *blockchain* de consórcio e *blockchain* privado (LIN; LIAO, 2017).

O *blockchain* público possibilita qualquer participante realizar, verificar transações e participar do processo de consenso. Os principais *blockchain* públicos são o *bitcoin* e o *Ethereum*.

O *blockchain* de consórcio estabelece que um nó autoridade pode ser definido previamente, os dados podem ser públicos e privados, e podem ser parcialmente descentralizados. As principais soluções de *blockchain* de consórcio são o *Hyperledger* e *R3CEV*.

No *blockchain* privado, o nó participante pode ser restrito e nem todo nó pode participar do *blockchain*. Em relação ao funcionamento, há um rigoroso gerenciamento de acesso aos dados.

2.2 A Educação Superior no Brasil e o processo de emissão e registro de diplomas

A Educação Superior no Brasil, como atualmente é constituída, foi preconizada pela Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) e regulamentada pela Lei Nacional de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 (BRASIL, 1996) e demais legislações decorrentes.

O sistema educacional brasileiro, conforme determina a Constituição, permite a educação pública e privada, com ou sem fins lucrativos, sendo que o Ministério da Educação (MEC) supervisiona e regula todo o sistema, com o suporte consultivo e normativo do Conselho Nacional de Educação (CNE). A gratuidade de ensino nas Instituições de Educação Superior (IES) públicas foi assegurada pela Constituição Federal (BRASIL, 1988), que também estabelece que a Educação Superior pública de nível federal será financiada pela a União.

Quanto à organização acadêmica, atualmente no Brasil, as IESs são reunidas em dois grupos: Instituições universitárias e Instituições não universitárias.

No que se refere ao registro e emissão de diplomas de graduação, a nota técnica nº 391/2013 CGLNRS/DPR/SERES/MEC (BRASIL, 2013) estabelece que a emissão de um diploma de um curso, por uma IES, só poderá ocorrer se o curso tiver sido reconhecido pelo MEC. Para que o curso (e seu respectivo diploma) possa ter validade nacional, é primordial que o curso esteja reconhecido.

A emissão de um diploma afirma que um aluno passou por todos os requisitos estabelecidos, desde carga horária aos currículos determinados pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs).

A expedição de diplomas é de responsabilidade da IES ofertante do curso. Para emitir um diploma, a IES ofertante deve ser devidamente credenciada pelo MEC e o curso deve ter o devido ato legal de autorização (que antecede o início do curso) e de reconhecimento do curso (que pode ocorrer a partir da metade até o final do período de realização da primeira turma). Caso a emissão



de um diploma seja irregular ou indevida, sanções serão aplicadas à IES responsável (BRASIL, 2013).

O registro do diploma deverá ser realizado por IES universitária (que detém autonomia acadêmica, por exemplo, as Universidades ou Centro Universitários). A IES não universitária (sem autonomia acadêmica, por exemplo, uma faculdade isolada) deve encaminhar os diplomas por ela emitidos (em conjunto com os documentos comprobatórios, conforme definido pela legislação) para registro nas IES universitárias habilitadas para registro de diploma (BRASIL, 2013).

Em 05 de abril de 2018, o MEC publicou a Portaria MEC N° 330 (BRASIL, 2018), que define, em linhas gerais e de forma mais sucinta, regras que devem ser adotadas para a padronização de emissão de diplomas de graduação em formato digital, nas instituições de ensino superior que pertencem ao sistema federal de ensino (IES públicas e particulares). Em março de 2019, o MEC publicou a segunda portaria referente a emissão de certificado de graduação em formato digital – a portaria MEC N° 554, de 11 de março de 2019 (BRASIL, 2019) –, que dá continuidade, de forma detalhada, à primeira portaria.

Quanto ao que foi definido na Portaria MEC N° 330 (BRASIL, 2018), a portaria é breve, mas destaca-se os seguintes pontos: (a) O diploma digital deve conter o registro e histórico escolar. (b) Somente instituições autorizadas podem emitir o diploma digital. (c) A adoção do formato digital deve atender aos padrões da Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil), com objetivo de garantir autenticidade, integridade, confiabilidade, disponibilidade, rastreabilidade e validade jurídica e nacional dos diplomas de graduação emitidos. (d) As instituições terão 24 meses para implementar o diploma digital.

2.3 Tecnologias de Blockchain e experiências existentes emissão de certificados e diplomas

Em face das características e potencialidades da tecnologia *blockchain*, algumas universidades e empresas já apresentaram soluções na área educacional, como será apresentado na sequência.

Uma das primeiras aplicações nesse sentido foi o *Blockcerts*. O *Blockcerts* é um padrão aberto para a criação de aplicativos que emitem e verificam registros oficiais baseados em *blockchain*. Isso pode incluir desde certificados para credenciais acadêmicas até registros cívicos, licenças profissionais, desenvolvimento da força de trabalho e muito mais (BLOCKCERTS, 2019).

Em 2017, através de um projeto piloto, 111 graduandos receberam do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) seus diplomas através de um aplicativo desenvolvido com a tecnologia *blockchain*. O aplicativo *Blockcerts Wallet* foi desenvolvido para que os alunos pudessem ter acesso fácil e seguro aos diplomas, além de poderem compartilhar com possíveis empregadores

(JONES, 2017).

Outra plataforma que também tem como principal objetivo gerar e registrar diplomas e certificados acadêmicos é a *SmartDegrees*, uma solução baseada em *Ethereum*. Uma característica da solução é a possibilidade de utilização, do diploma ou certificado, fora do contexto acadêmico, como por exemplo: departamento de recursos humanos, plataformas de empregos e redes sociais (SMARTDEGREES, 2019).

No Brasil, já existe uma proposta para o uso da tecnologia *blockchain*, com objetivo de armazenamento de documentos acadêmicos na Universidade Federal da Paraíba. O projeto teve como objetivo desenvolver “[...]uma plataforma, escalável e agnóstica, para armazenamento e verificação digital da autenticidade de documentos digitais baseada no uso combinado das tecnologias de *blockchain*, certificação digital e preservação digital” (COSTA et al., 2018).

Como o *blockchain* ainda é um assunto relativamente novo, principalmente quando aplicado na emissão de diplomas na educação superior, até o final de 2019, ainda eram poucas os estudos, publicações e relatos de experiência específicos. Contudo, com o material previamente apresentado, percebe-se a potencialidade e premência do assunto.

3. METODOLOGIA

Para classificação da pesquisa, teve-se como referência a sistemática apresentada por Vergara, que a qualifica em dois aspectos: quanto aos fins e quanto aos meios (VERGARA, 2016).

Quanto aos fins, a pesquisa foi exploratória e metodológica. Exploratória, em virtude da quantidade de estudos sobre a temática, principalmente por se tratar de uma temática introduzida recentemente (VERGARA, 2016). Metodológica, pois buscou-se identificar modelos teóricos de *blockchain* para análise da potencialidade da tecnologia *blockchain* para emissão, arquivamento e validação de diplomas de graduação em formato digital.

Quanto aos meios, a pesquisa foi bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica foi utilizada para identificar os referenciais que nortearam o trabalho, entender as características da tecnologia *blockchain*; compreender o fluxo existente atualmente, nas IES, para emissão de certificados de graduação. Documental, pois se serviu do arcabouço legal referente ao sistema de educação superior brasileiro e emissão de diplomas como fonte primária de consulta e análise.

Na pesquisa bibliográfica, utilizou-se da revisão tradicional de literatura que, diferentemente da revisão sistemática, flexibiliza realizar adaptações e ajustes quanto a pergunta de pesquisa, que vai sendo aprimorada, no processo exploratório, no decorrer do desenvolvimento do trabalho à medida que os assuntos vão sendo descortinados. A revisão tradicional de literatura estabelece que não é necessário buscar por toda a literatura, nem mesmo valorar aprofundadamente a qualidade

metodológica dos materiais encontrados (ARMITAKE; KEEBLE-ALLEN, 2008).

Seguiu-se um protocolo de pesquisa bibliográfica como norteador, que contemplou: (a) **Pergunta de pesquisa:** “Qual a potencialidade da tecnologia *blockchain* a fim de emitir, arquivar e validar diplomas de graduação em formato digital?”. (b) **Fonte de dados:** Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), *IEEE Xplore Digital Library*, *Google Academics*, Portal de Conteúdo SBC, Portal de periódicos da CAPES, *Research Gate*, *Web of Science*. (c) **Tipo de literatura:** Teses, Livros, Leis, Portarias, Normas Técnicas, Patentes e Artigos. (d) **Idioma:** Português e Inglês; (e) **Período de busca:** Deu-se preferência aos resultados de 2015 a 2019. (e) **Termos de busca:** *Academic documents*, *Blockchain*, Documentos acadêmicos, Emissão de diplomas de graduação, Educação superior no Brasil, Expedição de diplomas de graduação, *Information security*, Regulação do ensino superior, Segurança da Informação, *Undergraduate Degree certificates*.

Para melhor compreensão do processo atualmente adotado nas IES no processo de emissão dos diplomas de graduação, realizou-se também um levantamento exploratório assistemático, com diálogo com o responsável pela secretária acadêmica de uma IES pública e observação dos documentos e processos ligados aos procedimentos acadêmicos relacionados à emissão do diploma. A coleta de dados ocorreu na secretaria que é responsável por manter e organizar a documentação necessária para processo de expedição de diplomas de graduação.

No que se refere à metodologia relacionada ao *blockchain*, envolvendo a sugestão de um processo teórico de aplicação do *blockchain* na emissão de diploma optou-se, como ferramenta, pelo *framework Hyperledger*. A sua escolha deve-se à característica de ser um projeto de código aberto, consolidado e que atende às necessidades para realização da proposta conforme será mais detalhado no item 4. Resultados e discussão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso da tecnologia *blockchain* na educação tem se mostrado bastante promissor, a exemplo disso são as soluções já desenvolvidas: O *Blockcerts* (BLOCKCERTS, 2019); *Blockcerts Wallet* (JONES, 2017); *SmartDegrees* (SMARTDEGREES, 2019); e *GT-RAP* (COSTA et al., 2018).

O estudo realizado e as aplicações encontradas demonstram que é viável desenvolver uma solução que possa atender ao processo de diplomas de graduação em formato digital no Brasil, baseados na tecnologia *blockchain* em um modelo descentralizado. Porém vale ressaltar que é necessário realizar uma análise mais detalhada, tanto de requisitos de software e especificidades de cada IES, para que, posteriormente, possa ser desenvolvido.

Considerando o fato de que o MEC tem a função de gestor e regulador do Sistema de Educação Superior brasileiro e conta com a rede Federal de Ensino Superior, do qual é responsável



pelos aportes financeiros, tendo também a atribuição de acompanhar os procedimentos de integralização de currículo e os diplomas emitidos por todas instituições – podendo requisitar dados, abrir sindicância e, inclusive, acompanhar instituições que estão em processo transferência de manutenção, ou mesmo de descredenciamento ou fechamento, sendo que, nos dois últimos casos, o MEC pode atribuir para outras IES a guarda, manutenção e gestão dos documentos legais de aluno e de diploma –, o uso do *blockchain* de consórcio torna-se uma solução mais adequada para essa especificidade.

O *blockchain* de consórcio permite estabelecer um nó autoridade, conseqüentemente, o nó autoridade pode atribuir a outros nós o acesso de escrita e leitura, como também revogação de credenciais à rede *blockchain* de IES que sejam de seu interesse.

Com a adoção do modelo de *blockchain* de consórcio, o nó autoridade pode ser de responsabilidade do MEC ou de uma das suas secretarias, como a Secretaria de Regulação da Educação Superior (SERES).

A existência de uma autoridade na sugestão da aplicação, neste caso podendo ser o MEC, possibilita atribuir permissões para cada nó conforme as suas atribuições (leitura, escrita).

O fato do *blockchain* ser uma tecnologia que, ainda, está em processo de evolução, padronização e desenvolvimento de soluções, torna-se interessante utilizar ferramentas ou projetos existentes e consolidados. Como sugestão para desenvolvimento de uma rede de *blockchain*, o projeto *Hyperledger* tem grande potencial para atender as necessidades de desenvolvimento.

O *Hyperledger* é um projeto colaborativo de código aberto com objetivo de padronizar o uso de *blockchain*. Já o *Hyperledger Fabric* é uma implementação de um *framework*, um dos vários projetos, mantidos pela The Linux Foundation (Fundação Linux). Uma das suas principais características é a arquitetura modular e plugável, além de suportar serviços intercambiáveis utilizando tecnologia de contêiner (GUPTA, 2018).

Em uma aplicação desenvolvida utilizando o *Hyperledger*, os pares são os participantes da rede. No contexto deste trabalho, especificamente da Educação Superior, cada par pode representar uma IES, um grupo de instituições ou uma mantenedora.

Em virtude da especificidade do sistema de educação superior brasileiro, os pares podem ter prerrogativas diferentes:

- As instituições com autonomia (Universidades e Centro Universitários) que, além de emitirem o diploma, podem fazer o seu registro. Inclusive, a Rede de Instituições Federais, mantidas financeiramente pela União (por intermédio do MEC), em virtude do poder computacional que dispõem, podem compor um tipo de par especial para o consenso e

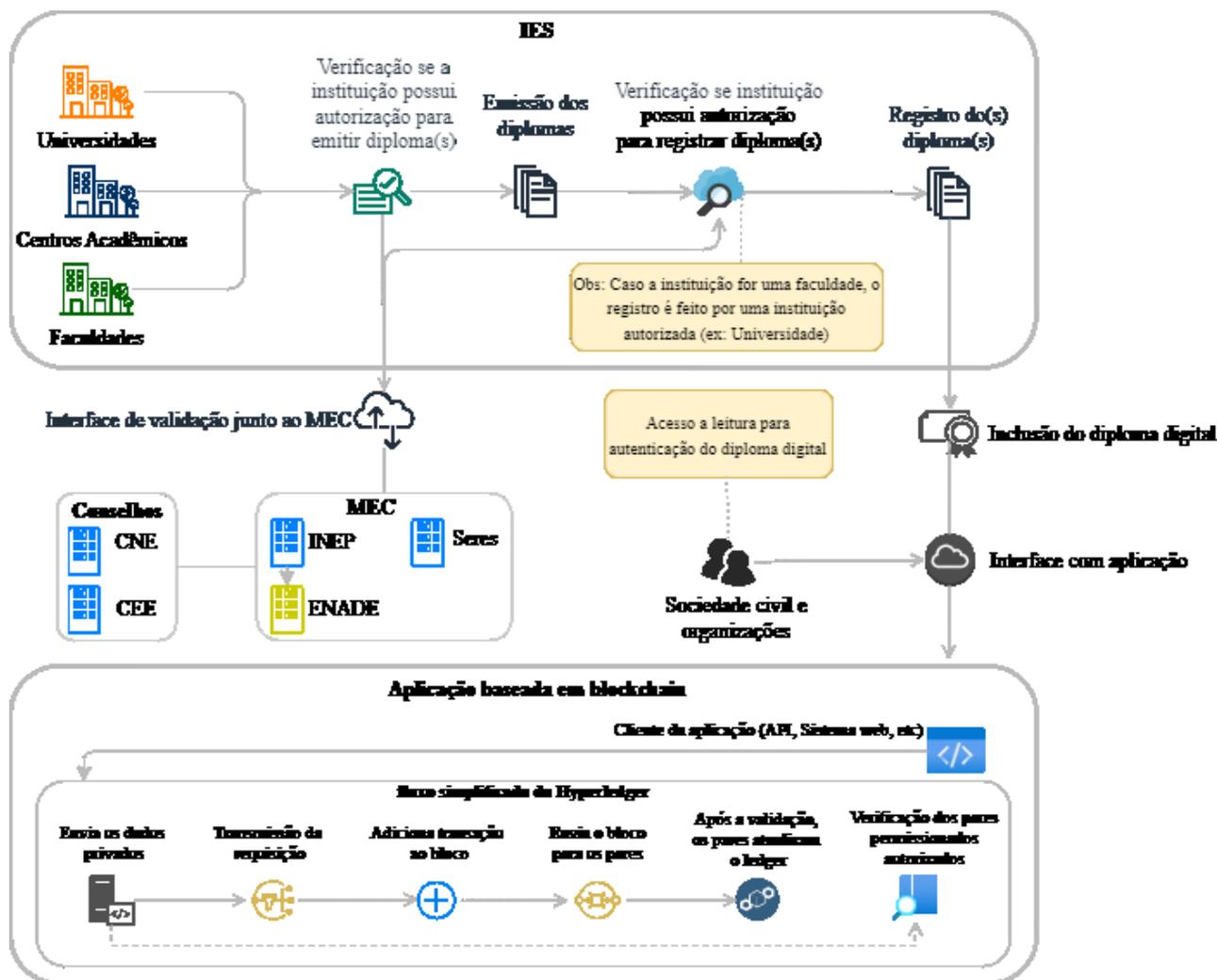


validação do *blockchain*, armazenando o bloco no momento do registro do diploma nos equipamentos dessas instituições.

- As instituições sem autonomia (exemplo, faculdades) fazem a emissão do diploma, encaminhando digitalmente para a instituição com autonomia para fazer o registro do diploma, que validaria o diploma emitido e, daí então, faria a inclusão do bloco no *blockchain*.
- O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), comissão do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), o Conselho Nacional de Educação (CNE) [e, nos casos em que for pertinente, os Conselhos Estaduais de Educação (CEE)] também seriam um par diferenciado, com atribuições de leitura e repasse / validação de detalhes legais contidos no bloco.
- A sociedade civil e organizações poderiam ter acesso a leitura para autenticação do diploma digital.

Na sugestão deste trabalho, ilustrada na figura 2, o processo estabelecido pelo MEC para emissão do diploma de graduação em formato digital não sofreria nenhuma mudança. A camada da aplicação seria acrescentada, subsequente, após o registro de um ou mais diplomas de graduação, e os arquivos em formato de *XML* seriam enviados para aplicação.

Figura 2. Sugestão de fluxo da aplicação da tecnologia *blockchain* em diplomas digitais de graduação no Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5. CONCLUSÃO

Quando se iniciou a pesquisa, constatou-se que, na opção centralizada do formato digital de diplomas de graduação feita pelo MEC, havia algumas semelhanças técnicas com a tecnologia *blockchain*. Vislumbrou-se que o processo descentralizado da tecnologia *blockchain*, aplicado aos diplomas de graduação no contexto de instituições de ensino superior no Brasil, poderia trazer benefícios para a preservação digital.

A pesquisa possibilitou, portanto, verificar a potencialidade da tecnologia *blockchain* em diplomas de graduação em formato digital. Além disso, também permitiu entender o funcionamento do ensino superior no Brasil, elucidar os principais detalhes, regras e regimentos sobre a expedição

de diplomas adotados pelas IES.

Face ao problema norteador da pesquisa – Qual a potencialidade da tecnologia *blockchain* em diplomas de graduação em formato digital no Brasil? –, com a síntese do referencial teórico e a proposição da sugestão do uso do *blockchain* com o Hyperledger foi possível responder ao problema de pesquisa ao objetivo proposto (vide introdução).

A sugestão proposta leva em consideração a estrutura e a utilização de tecnologias de código aberto, consolidadas e, principalmente, que atendam às especificidades da estrutura de funcionamento do ensino superior brasileiro, aproveitando inclusive a rede federal e o poder computacional existente para criar um processo descentralizado de preservação digital que garanta a integridade e disponibilidade do diploma, não ficando dependente de um modelo centralizado, como as portarias 330 e 554 do MEC sugerem.

A pesquisa considerou o processo que está em andamento do formato digital e não elucidou especificidades relacionadas à modelagem, com detalhamento de requisitos, e à arquitetura de software, o que se coloca como sugestão de futuros trabalhos. Ao apresentar a tecnologia *blockchain* e o seu uso na expedição de diplomas no complexo contexto do sistema de Educação Superior brasileiro, a pesquisa se limitou a explorar um assunto ainda com poucos estudos e apresentar uma sugestão que pode servir de base para aprofundamento e aprimoramento em outros estudos. Recomenda-se, também, para futuras pesquisas, o desenvolvimento de aplicações ou provas de conceito para validação da sugestão deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BLOCKCERTS. **Blockchain Credentials**. 2019. Disponível em: <http://blockcerts.org/>. Acesso em: 16 out. 2019.

BRAKEVILLE, Sloane; PEREPA, Bhargav. **Blockchain Basics: Introduction to Distributed Ledgers** IBM Developer, 2019. Disponível em: <https://developer.ibm.com/tutorials/cl-blockchain-basics-intro-bluemix-trs/>. Acesso em: 16 ago. 2019.

BRASIL. **Nota Técnica nº 391/2013 CGLNRS/DPR/SERES/MEC**, 2013. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13415-nota-tecnica-391-2013-expedicao-diplomas-registro-pdf&category_slug=junho-2013-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 22 maio. 2019.

BRASIL. **Portaria MEC Nº 330, de 05 de abril de 2018**. Ministério da Educação, 2018. Acesso em: 28 mar. 2019.

BRASIL. **Portaria MEC Nº 554, de 11 de março de 2019**. Ministério da Educação, 2019. Acesso em: 28 mar. 2019.

COSTA, Rostand; FAUSTINO, Daniel; LEMOS, Guido; QUEIROGA, Ademir; DJOHNATHA, Cláudio; ALVES, Felipe; LIRA, Jordan; PIRES, Mateus. **Uso Não Financeiro de Blockchain: Um**



Estudo de Caso Sobre o Registro, Autenticação e Preservação de Documentos Digitais Acadêmicos. *In: 2018, Anais [...]. In: ANAIS DO I WORKSHOP EM BLOCKCHAIN: TEORIA, TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES (WBLOCKCHAIN - SBRC 2018): SBC, 2018. Disponível em: <http://portaldeconteudo.sbc.org.br/index.php/wblockchain/article/view/2356>. Acesso em: 26 mar. 2019.*

DRESCHER, Daniel. **Blockchain básico: Uma introdução não técnica em 25 passos.** [s.l.] : Novatec Editora, 2018.

GUPTA, Manav. **Blockchain for dummies.** Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2018.

HABER, Stuart; STORNETTA, W. Scott. How to time-stamp a digital document. **Journal of Cryptology**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 99–111, 1991. DOI: 10.1007/BF00196791.

JONES, BRAD. **MIT has started issuing diplomas using blockchain technology.** 2017. Disponível em: <https://futurism.com/mit-has-started-issuing-diplomas-using-blockchain-technology>. Acesso em: 15 out. 2019.

KIM, D.; SOLOMON, M. G. **Fundamentos de Segurança de Sistemas de Informação.** Rio de Janeiro: LTC, 2014. LIN, Iuon-Chang; LIAO, Tzu-Chun. A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges. **I. J. Network Security**, [S. l.], v. 19, p. 653–659, 2017. DOI: 10.6633/IJNS.201709.19(5).01.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: Um Sistema de Dinheiro Eletrônico Peer-to-Peer. **Bitcoin: Um Sistema de Dinheiro Eletrônico Peer-to-Peer**, [S. l.], p. 9, 2008.

SMARTDEGREES. **BlockchainSmart Degrees**, 2019. Disponível em: <https://www.smartdegrees.es/en/home-en/>. Acesso em: 15 out. 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

WALRTIN, Frank. **Blockchain: The Comprehensive Beginner's Guide to Learn Blockchain with Its Innovative Technology and Modern Financial Framework That Will Improve and Revolutionize the Next Digital Economy, using the power of Blockchain.** [s.l.] : CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018.

ZHENG, Zibin; XIE, Shaoan; DAI, Hong-Ning; CHEN, Xiangping; WANG, Huaimin. **An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends.** [s.l.: s.n.]. DOI: 10.1109/BigDataCongress.2017.85.