

# CONTRATOS INTELIGENTES COM *ETHEREUM*

## SMART CONTRACTS WITH *ETHEREUM*

FIGUEIREDO, Jordan E. M.<sup>1</sup>; LIMA, Iremar N.<sup>2</sup>

### PALAVRAS-CHAVE

*Blockchain*, Contratos inteligentes, *Ethereum*.

### KEYWORDS

Preventive maintenance. System. Implantation. Process. Costs

### RESUMO

Com o avanço da tecnologia e o aparecimento da rede *blockchain* diversas plataformas e aplicações ganharam destaques, entre elas a plataforma *Ethereum*. Esta tecnologia é responsável pela criação e execução dos contratos inteligentes. O artigo apresenta os conceitos, funcionalidades e funcionamento dos contratos inteligentes e suas aplicações, assim como as principais características das tecnologias que envolvem os contratos inteligentes.

### ABSTRACT

With the advancement of technology and the emergence of the *blockchain* network, several platforms and applications gained prominence, including the *Ethereum* platform. This technology is responsible for creating and executing smart contracts. The article presents the concepts, functionalities and functioning of smart contracts and their applications, as well as the main characteristics of the technologies that involve smart contracts.

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Sistemas de Informação: jordaneduardocl@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Orientador: iremar.prof@newtonpaiva.br

## 1 INTRODUÇÃO

A Tecnologia da Informação (TI) atualmente está presente em diversas áreas do mundo contemporâneo, sendo inevitável notar a sua evolução exponencial ao longo dos anos. Segundo Schwab (2016) estamos no início de uma revolução que mudará a maneira que vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Uma das tecnologias que vem marcando essa revolução é o *blockchain*:

O *blockchain*, muitas vezes descrito como um “livro-razão distribuído”, é um protocolo seguro no qual uma rede de computadores verifica de forma coletiva uma transação antes de registrá-la e aprová-la. A tecnologia que sustenta o *blockchain* cria confiança, permitindo que pessoas que não o conheçam (e, portanto, não têm nenhuma base subjacente de confiança) colaborem sem ter de passar por uma autoridade central neutra - ou seja, um depositário ou livro contábil central. Em essência, o *blockchain* é um livro contábil compartilhado, programável, criptograficamente seguro e, portanto, confiável; ele não é controlado por nenhum usuário único, mas pode ser inspecionado por todos. (SCHWAB, 2016, p. 30).

O principal objetivo do *blockchain* era viabilizar a criação de *criptomoedas* como o bitcoin, porém, com o passar do tempo percebeu-se que essa tecnologia possui um potencial muito maior além da criação de *criptomoedas* (MOREIRA, 2020).

Entre as diversas aplicações da *blockchain*, o *ethereum* se destacou entre tecnologias que trouxe maior notoriedade a rede *blockchain*. O *ethereum* assim como a tecnologia *bitcoin*, também é baseado na *blockchain* porém, vai além da transferência de valores, sendo possível executar e criar programas autoexecutáveis que realizam atividades de acordo com os termos pré-programados. Esses programas são chamados de contratos inteligentes (MASCARENHAS, 2018).

Segundo Orlando (2019), o contrato é uma ferramenta jurídica que associam duas partes em prol da satisfação dos interesses que o regulam. Para firmar um contrato nos dias atuais é necessário que um intermediário, nesse caso um cartório, comprove uma série de documentações para que no ato de cumprimento do contrato todas as normas sejam seguidas.

Com a evolução da TI, hoje é possível automatizar o processo de construção e validação de um contrato por meio do desenvolvimento de um contrato inteligente. Através desse programa um algoritmo é desenvolvido com todas as características do contrato propriamente dito, portanto o risco de inadimplência entre as partes é muito menor, deixando a operação mais dinâmica (MOREIRA, 2020).

Simplificando, contratos inteligentes são programas com algoritmos que executam automaticamente os termos contratuais, de acordo com as condições previamente programadas. Um exemplo utilizado para definir um contrato inteligente são as máquinas de venda automática: nessas máquinas não é necessário um intermediador pois após a verificação da moeda inserida, o produto é fornecido para o usuário (GOMES, 2018).

Dessa forma, este artigo tem como objetivo descrever os conceitos e funcionamento da tecnologia *Blockchain*, descrever o conceito e aplicabilidade de contratos inteligentes, e por fim descrever a utilização da plataforma *ethereum* para construção de contratos inteligentes.

## 2 A TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN*

O *blockchain* foi apresentado pelo Satoshi Nakamoto (2008), com o objetivo de ser um livro-razão em que todas transações financeiras de todos os usuários da rede bitcoin ficassem armazenadas, de forma a não ocorrer o problema de gasto duplo, isto é, um recurso financeiro ser utilizado duas vezes pelo mesmo usuário, eliminando também a necessidade de ter um intermediador nas transações. Outra característica proposta por Nakamoto foi a transparência, ou seja, todas as transações financeiras realizadas no *blockchain* ficam visíveis para todos usuários da rede *Bitcoin*.

O funcionamento do *blockchain* se baseia nos seguintes princípios:

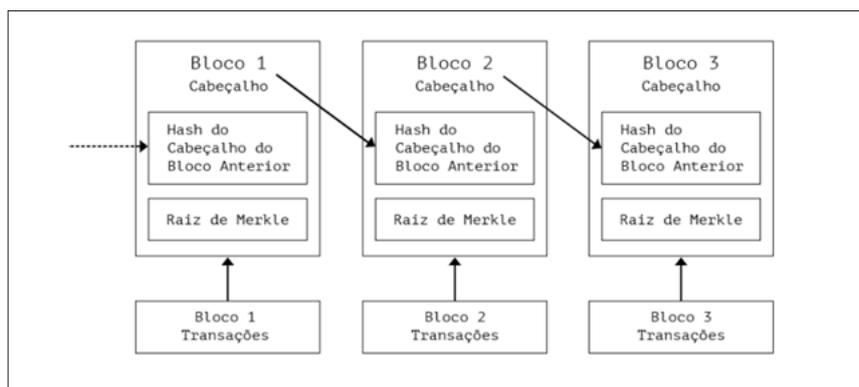
Funções de mão única (normalmente funções *hash*), registro do tempo da criação ou modificação do arquivo (*timestamp*), assinatura digital do autor da alteração do arquivo, rede descentralizada *peer-to-peer* e mecanismo de geração de um novo bloco do *blockchain* (UNIAS, Aurélio, 2016, p.2).

Função de mão única é aquela que deve ser realizada em um único sentido, ou seja, uma função praticamente impossível de ser revertida ou alterada. A função de mão única tem como objetivo tornar improvável a adulteração de qualquer arquivo eletrônico na rede *blockchain*. Dessa forma, o *blockchain* utiliza funções *hash*, que são funções que verificam uma entrada de bits de tamanho variável, e após o cálculo de *hash*, ou seja, após criptografar aquela entrada, retorna esse mesmo dado em um tamanho fixo de bits (UNIAS, AURÉLIO, 2016).

O registro do tempo de transação (*timestamp*) tem como objetivo registrar o tempo de cada alteração realizada no *blockchain* com o objetivo de impedir qualquer falsificação temporal. A assinatura digital tem como objetivo garantir que qualquer alteração realizada na rede foi realizada pelo respectivo portador das chaves privadas e públicas daquele nó (UNIAS, AURÉLIO, 2016).

A rede *peer-to-peer* (ponto a ponto) é essencial para o funcionamento de um *blockchain*, pois todas as novas alterações na rede podem ser aceitas ou rejeitadas pela maioria dos *peers*, impossibilitando a inserção de dados incorretos (UNIAS, AURÉLIO, 2016).

FIGURA 1 – Blockchain



Fonte: NAKAMOTO, 2008

A figura 1 mostra como é calculado o valor de um hash para um novo bloco e como cada bloco é inserido na rede bitcoin. Em um bloco são armazenadas várias transações organizadas, uma primeira transação tem seu hash calculado logo depois a segunda transação tem seu hash calculado em conjunto com a segunda. Dessa forma é praticamente inviável alterar qualquer transação sem quebrar essa cadeia, pois a mesma é fortemente ligada. Por fim, um *blockchain* necessita da criação de novos blocos, levando em consideração a moeda bitcoin. Esse procedimento é denominado mineração, a mesma ocorre quando diversas máquinas unidas têm como propósito solucionar uma função inversa. Tal processo exige poder de processamento. Após solucionar essa função inversa um novo bloco é criado e os computadores responsáveis pelo poder de processamento são recompensados (UNIAS, AURÉLIO, 2016).

### 3 CONTRATOS INTELIGENTES

O conceito de contratos inteligentes foi implantado pelo Nick Szabo em 1996 através do artigo “Smart Contracts: Building Blocks for Digital Free Markets”. Segundo Nick Szabo:

A ideia básica por trás dos contratos inteligentes é que muitos tipos de cláusulas contratuais (como garantia, vínculo, delineamento de direitos de propriedade, etc.) podem ser incorporadas no hardware e software com os quais lidamos, de forma a tornar a quebra de contrato cara (se desejar, às vezes proibitivamente assim) para o violador (SZABO, 1997, p.1, tradução nossa).

Nick Szabo (1997) considera em seu artigo como ponto de partida dos contratos inteligentes as máquinas de venda automática. Essas máquinas recebem as moedas por meio de um mecanismo simples e entrega o produto para o solicitante. Dessa forma a máquina de venda é considerada um contrato com o portador. Qualquer pessoa com moedas pode participar dessa troca com o vendedor. O cofre e outros mecanismos protegem as moedas e as informações armazenadas de invasores, o suficiente para que essas máquinas sejam implantadas em uma ampla variedade de áreas. Dessa forma Szabo propôs contratos auto executáveis e autônomos como forma de evitar a necessidade de um terceiro intermediador. A base para construção de um contrato seria as fórmulas matemáticas e algoritmos.

FIGURA 2 – Contratos inteligentes v.s Contratos tradicionais



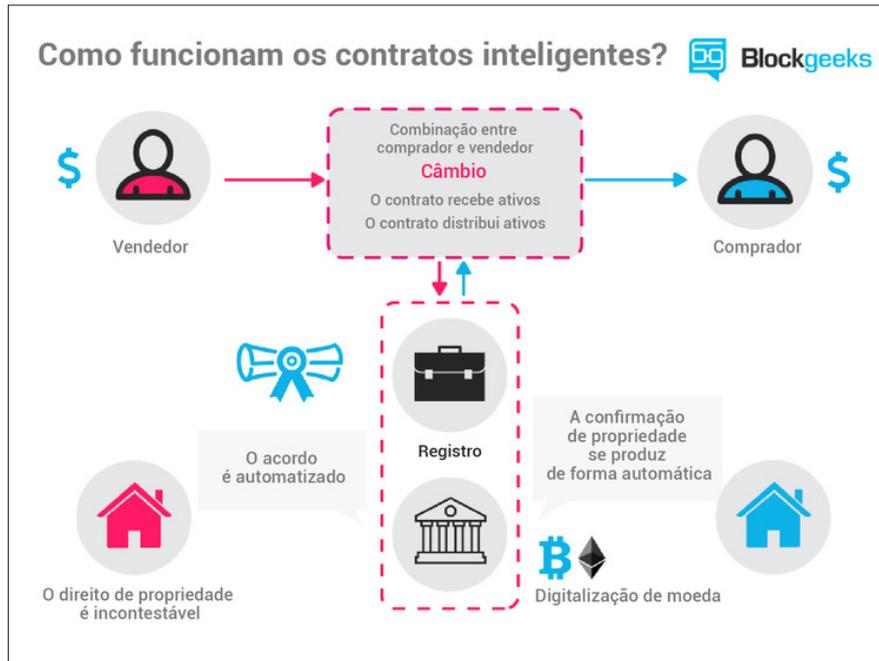
Fonte: <https://www.juridoc.com.br/blog/legaltech/12409-o-que-sao-smart-contracts-contratos-inteligentes/>

A figura 2 apresenta uma comparação entre os contratos inteligentes e os contratos tradicionais. Segundo o site Juridoc (2016) os contratos inteligentes evitam os serviços e as taxas de acompanhamento de um intermediário e resolve o problema de confiança entre as partes. Dessa forma esses contratos automatizados mudam completamente a forma que os contratos são gerenciados e executados.

Além desses benefícios, Szabo levantou quatro melhorias que os contratos inteligentes proporcionam em relação aos contratos tradicionais, são elas: verificabilidade, acompanhamento, privacidade e a exigibilidade (CAMPOS, 2018, apud, CARVALHO, 2019, p.162).

Uma das características citadas por Szabo diz respeito à verificabilidade da execução ou da violação do contrato. Também é citado sobre a análise do desempenho de cada contrato por qualquer responsável. A privacidade, por sua vez, se baseou na ideia em que o conhecimento e o controle sobre o conteúdo do contrato deveriam ser distribuídos entre as partes necessárias para a execução deste, de modo a minimizar a vulnerabilidade a terceiros. Por fim, a exigibilidade tem como objetivo priorizar a necessidade de garantir a exata execução do contrato, com forte na autonomia privada e execução obrigatória do negócio (SZABO, 1997, apud, CARVALHO, 2019, p.163).

FIGURA 3 – Contratos inteligentes



Fonte: CARDOSO, 2018

Como descrito na figura 3, os termos e ativos dos contratos são codificados e adicionados no bloco em uma rede blockchain. Esse contrato é distribuído várias vezes entre os nós da plataforma e após o início do processo, o contrato é executado de acordo com os termos nele contidos (CARDOSO, 2018).

Dessa forma, em sua estrutura, os contratos inteligentes podem controlar quais instituições podem ter acesso ao contrato, tanto leitura quanto alteração, assegurando a privacidade e confidencialidade. Os contratos também permitem o compartilhamento e atuação das partes sobre as cláusulas contratuais, assinaturas digitais e alteração das partes específicas de um contrato em elaboração. Com isso, os contratos inteligentes são utilizados em ambientes tecnológicos para pessoas físicas ou jurídicas criarem um acordo digital, com uso de criptografia, onde o mesmo deve ser cumprido pelas partes contratuais (FERRAZ e ROBERTSON, 2019).

Segundo Bruno Cardoso (2018), para criação de um contrato inteligente são necessários alguns itens:

O objeto do contrato: O programa deve ter acesso a bens ou serviços sob contrato para bloquear e desbloqueá-los automaticamente.

Assinaturas digitais: Todos os participantes iniciam um acordo assinando o contrato com suas chaves privadas.

Termos do contrato: Os termos de um contrato inteligente assumem a forma de uma sequência exata de operações. Todos os participantes devem assinar estes termos.

Plataforma descentralizada: O contrato inteligente é implantado no Blockchain desta plataforma e distribuído entre os nós da plataforma (CARDOSO, 2018).

Os contratos inteligentes podem ser construídos em qualquer Blockchain, porém, o Ethereum é a plataforma mais utilizada devido a sua capacidade ilimitada de processamento e criação de aplicações (CARDOSO, 2018).

Os contratos inteligentes também podem ser padronizados assim como os contratos tradicionais, de maneira que os contratantes poderão optar pelo modelo que melhor se adequa ao negócio, por exemplo: contratos de compra e venda, troca de imóveis, pagamento de seguros, etc (BHEEMIAH, 2017, apub EFING, 2018, p.6).

Com o uso de contratos inteligentes, a empresa pode então aplicar e cumprir automaticamente as obrigações das partes quando as condições do contrato forem atendidas. Como um contrato inteligente fornece a capacidade de programar um contrato, os pagamentos

entre as partes podem ser feitos uma vez que certos critérios tenham sido atendidos, sem envolvimento de intermediários. Isso também pode ser acionado a partir de sinais de entrada provenientes de dispositivos IoT usados pelos segurados. (BHEEMAIHAH, p. 140, 2017, tradução nossa)

As aplicações de contratos inteligentes vão além do contexto jurídico, como por exemplo a aplicação desenvolvida por Guilherme Floriani (2018): em seu artigo Guilherme apresenta um sistema de votação com o objetivo de gerenciar um processo completo de votação online, utilizando a rede blockchain e tecnologias como Ethereum e contratos inteligentes.

Os contratos inteligentes também podem ser utilizados na indústria da música, atuando nos conteúdos protegidos por direitos autorais. Dessa forma a construção de um contrato inteligente em uma rede Blockchain manteria o controle de todos os direitos de propriedade. Com isso o contrato inteligente garantiria que um pagamento de royalties fosse gerado e pago em tempo real para o detentor da propriedade, com o benefício adicional que, a medida que a transação fosse transmitida através da Blockchain, cada participante a teria refletida em sua contabilidade de forma automática e instantânea (CARDOSO, 2018).

Apesar dos diversos benefícios proporcionados pelos contratos inteligentes é importante ressaltar que essa tecnologia possui alguns problemas, como é descrito por Ferraz e Robertson (2019).

Não há, ainda, um grande número de profissionais qualificados no domínio da ciência da computação e do direito que consigam dialogar com essas novas tecnologias; O ambiente do Blockchain ainda precisa ser devidamente testado, validado e aprovado para uma grande e massiva quantidade de transações que envolvem a execução de complexos Smart Contracts; A tecnologia de Smart Contract ainda não se encontra largamente disponível, nem há grandes plataformas de usuários que utilizam a tecnologia de forma estável e suficientemente amadurecida; Os Smart Contracts são determinísticos, ou seja, uma determinada entrada produzirá uma esperada e lógica saída específica. Entretanto, as complexidades embutidas pelas cláusulas podem ser de tal monta que a depuração do resultado final precisa ser exaustivamente testada e, mesmo assim, resultar em «antinomias» inesperadas que precisariam ser tratadas individualmente, não sendo possível a sua automação; Por tratar-se de programa autoexecutável, as rotinas de exceção precisam de melhores tratamentos de erros, seja quando do não cumprimento por uma das cláusulas ou por erro na programação (bug); Para utilizar-se de todo o potencial e capacidade das tecnologias, há a necessidade de envolvimento de instituições financeiras, comerciais e governamentais, nacionais e internacionais. Os ganhos efetivos tendem a serem potencializados quanto maior seja a integração das partes minimamente envolvidas na auto execução do contrato inteligente; cada estágio de execução de um smart contract, assim como o cumprimento de cláusulas contratuais, abre enormes perspectivas para provocações da prestação jurisdicional. A ausência de regulamentação e de legislação específicas, ainda sem o devido embasamento jurisprudencial e doutrinário, potencializam as lides, que surgem como riscos a serem suplantados pelo necessário pioneirismo da tecnologia (FERRAZ e ROBERTSON, p.58, 2019).

Dessa forma, considerando que esses contratos possuem destaque na área jurídica, é importante informar que eles geralmente são inseridos na rede Blockchain, que funciona como um banco de dados apto a gerir esses dados, de modo que todos os eventuais termos, encargos e demais cláusulas do contrato estarão codificados no mesmo e integrarão a rede *Blockchain*, essa base de dados descentralizada (DIVINO, 2018, p.2788 *apud*, CARVALHO, 2020, p.10). Além disso, nos mais de 20 anos entre o período de adoção e criação do conceito, a concepção original de contratos inteligentes, na prática, adaptada em diversos modos. Nesse sentido durante esse período a ideia de contratos inteligentes tornou-se quase que inseparável de *blockchains* e, em particular, da plataforma *Ethereum* que será avaliada na próxima seção (SCHECHTMAN, 2019).

## 4 A PLATAFORMA ETHEREUM PARA CONTRATOS INTELIGENTES

O *Ethereum* é uma plataforma de computação distribuída pública que utiliza a rede *Blockchain*, com a capacidade de desenvolver e executar contratos inteligentes e aplicativos descentralizados (STOKARZ, 2019).

A plataforma é constituída por máquinas virtuais descentralizadas denominadas de *Ethereum Virtual Machines* (EVM) que executam os contratos inteligentes (BRAGA *et al*, 2017, *apud*, MASCARENHAS, 2018, p.4). Um contrato é identificado por um determinado endereço e, é ativado quando seu endereço é chamado como destino por uma transação. A partir do seu acionamento, o contrato é executado automaticamente em cada nó da rede (CHRISTIDIS, DEVETSIKIOTIS, 2016, *apud*, MASCARENHAS, 2018, p.4).

A plataforma *Ethereum* foi criada por Vitalik Buterin em janeiro de 2014, marca o início da tecnologia *blockchain* de segunda geração. Essa plataforma vai além da transferência de valores e pagamentos. Com a criação da moeda digital *Ether* é possível executar e ativar os contratos inteligentes, além de ser uma plataforma programável, onde os contratos e aplicações podem ser desenvolvidos de forma descentralizada (WOOD, 2014, *apud*, SILVA, 2018, p.9).

Segundo Renan Pereira (2018) uma conta *Ethereum* possui quatro campos, são eles:

- O *nonce*, um contador usado para garantir que cada transação possa ser processada apenas uma vez.
- O atual equilíbrio de *ether* da conta.
- O código do contrato da conta, se presente.
- O armazenamento da conta (vazio por padrão) (PEREIRA, p.15, 2018).

Na rede do *Ethereum*, os endereços de carteira pertencentes aos usuários podem ser associados a nós de uma rede, onde os respectivos usuários trocam informações através desses nós. A comunicação tem como objetivo transferir informações entre as carteiras, sejam essas, valores ou parâmetros de um contrato (WOOD, 2014, *apud*, MASCARENHAS, 2018, p.5). Essas informações são inseridas nas transações, que podem ser representadas por pontas interconectando os nós da rede *Ethereum* em cada transação envolvida (MASCARENHAS, 2018). A figura 5 ilustra as transações entre contas *Ethereum*.

FIGURA 5 – Transação entre contas *Ethereum*

visão global	Estado	Comentários
Hash de transação:	0x00bf5ccb4cc8700ac8ef19bffc2798c5ccf34ff0e119aa1edc322d8ebb381d7	
Status:	Sucesso	
Quadra:	11356690 8 confirmações de bloco	
Timestamp:	1 min atrás (29/11/2020 23:57:00 + UTC)   Confirmado em 30 segundos	
De:	0xb2a812bac959c26c815533a364749fce2e18f4ee	
Para:	0x128e8f6bf0c9a3c5c576963fa73b0a2d5f186676	
Valor:	0.17457795778704982 Ether (\$ 100.58)	
Taxa de transação:	0.000378 Ether (\$ 0.22)	
Preço do gás:	0.00000018 Éter (18 Gwei)	
Limite de gás:	100.000	
Gás usado por transação:	21.000 (21%)	
Nonce	Posição	45863 156
Dados de entrada:	0x	

Fonte: <https://cutt.ly/rhxwjlh>

Nas transações do *Ethereum* são enviados pacotes de dados assinados que armazenam uma determinada mensagem, a mesma é enviada de uma conta de propriedade externa para outra conta no Blockchain (PEREIRA, 2018).

Cada operação de baixo nível realizada, possui um valor de “Gas” de acordo com sua complexidade computacional. O Gas é uma unidade utilizada para medir o quanto de poder computacional é necessário para executar uma determinada função, para cobrir essas taxas assim como os demais custos de uma transferência, é utilizado a criptomoeda Ether, essa criptomoeda está listada para compra e venda em algumas instituições financeiras sob o código ETH (FRANÇA e ALEXANDRE, 2018).

Conforme relatado por Lucena (2016), a criptomoeda *Ether* atualmente ocupa o segundo lugar nas listas de capitalização total (Market cap) ficando atrás apenas do Bitcoin, sendo avaliado em 62 bilhões USD. O volume diário real do *Ether* é de 1 bilhão de USD, de acordo com a OnchainFX.

Dessa forma o Gas é comprado para o Ether dos mineradores que executam o código. O Gas e o Ether são separados, uma vez que as unidades de Gas se alinham às unidades de computação com um custo natural, enquanto o preço do Ether varia de acordo com o mercado. Os dois são divididos por um mercado livre: o preço do Gas é definido pelos mineiros, que podem aceitar ou recusar processar uma transação com o preço do Gas menor que seu limite mínimo. Para obter Gas basta comprar o Ether e adicioná-lo em sua conta (PEREIRA, 2018).

Em relação a construção dos contratos inteligentes, assim como o desenvolvimento de qualquer programa necessita de uma linguagem de programação, para desenvolvimento de contratos inteligentes não é diferente. As linguagens mais utilizadas de acordo com a documentação da plataforma são a Solidity e a Vyper. A Solidity é a linguagem mais popular na *Ethereum*, inspirada pelo C++, Python e JavaScript. A Vyper é uma linguagem com um foco maior em segurança e foi construída tendo em base o python.<sup>3</sup>

**FIGURA 6 – Exemplo de um contrato inteligente escrito em Solity**

```
contract Moeda {
    // variáveis de estado do contrato
    address public admin;
    mapping (address => uint) public saldos;

    // constructor define o criador do contrato como admin
    function Moeda() public {
        admin = msg.sender;
    }

    // admin pode gerar novas moedas
    function gerarMoedas(address destinatario, uint valor){
        if (msg.sender != admin) return;
        saldos[destinatario] += valor;
    }

    // transfere um montante para outro usuário
    function transferir(address destinatario, uint valor){
        if (saldos[msg.sender] < valor) return;
        saldos[msg.sender] -= valor;
        saldos[destinatario] += valor;
    }
}
```

Fonte: BARON, 2018

A figura 6 demonstra um trecho de um contrato inteligente com o objetivo de gerenciar uma moeda virtual, o mesmo foi desenvolvido utilizando a linguagem Solidity (BARON, 2018).

A linguagem de programação Solidity foi proposta em 2014 por Gavin Wood, atualmente é a linguagem mais utilizada na plataforma, é uma linguagem de alto nível, orientada a contratos, para implementação de

<sup>3</sup> Informação retirada na documentação da plataforma Ethereum, disponível em: <<https://ethereum.org/pt-br/developers/#smart-contract-languages>>. Acesso em: 11 de nov. de 2020.

contratos inteligentes. Essa linguagem foi projetada para direcionar a Máquina Virtual *Ethereum* (EVM). Solidity é digitada estaticamente e suporta herança, bibliotecas e tipos complexos definidos pelo usuário, entre outros recursos (PEREIRA, 2018).

Em relação aos usuários na rede *Ethereum*, os mesmos podem ser classificados como mineradores ou usuário. É possível vincular um usuário as essas duas categorias. O usuário comum realiza apenas transações, já o minerador pode validar os blocos dentro da rede (MASCARENHAS, 2018).

A mineração no *Ethereum* consiste em juntar uma certa quantia de transações, limitadas por um valor de Gas máximo que cada bloco pode ter e aplicá-las, obtendo os próximos estados. O *Blockchain* do *Ethereum* possui a particularidade de guardar todo estado atual em cada bloco, embora são utilizados recursos para minimizar o espaço gasto com essa tarefa. (FERREIRA, 2017) A rede *Ethereum* opera com base no relatório POW (Prova de trabalho), onde os mineradores validam as transações, beneficiando-se das recompensas por bloco (STOKARZ, 2019).

## CONCLUSÃO

Este artigo permite uma análise e entendimento dos contratos inteligentes, juntamente com as tecnologias envolvidas para construção do mesmo. Inicialmente foi abordado o funcionamento e características da tecnologia *Blockchain*, que serve como base para diversas aplicações, como o *Bitcoin* e o *Ethereum*.

Por fim, foi possível analisar a plataforma *Ethereum*: tal plataforma possibilitou o desenvolvimento e uso dos contratos inteligentes. Foi possível descrever o potencial e benefícios que os contratos inteligentes podem proporcionar, tanto no âmbito jurídico quanto na automatização e descentralização de tarefas do cotidiano.

## REFERÊNCIAS

BHEEMAIHAH, Kariappa. **The blockchain alternative: rethinking macroeconomic policy and economic theory**. Paris, France, 2017. *Apud*, EFING, A.; PINHO DOS SANTOS, A. Análise dos smart contracts à luz do princípio da função social dos contratos no direito brasileiro. *Direito e Desenvolvimento*, v. 9, n. 2, p. 49-64, 3 dez. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.unipe.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/755>>. Acesso em: 12 de nov. de 2020.

BARON, Guilherme Floriani; HOPPE, Aurélio Faustino. **Estudo da aplicação de blockchain, ethereum e smart contracts em sistemas de votação**. Departamento de Sistemas e Computação Universidade Regional de Blumenau (FURB). Blumenau. 2018. Disponível em: <[http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2018\\_2\\_guilherme-floriani-baron\\_monografia.pdf](http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2018_2_guilherme-floriani-baron_monografia.pdf)>. Acessado em: 23 de nov. de 2020.

CAMPOS, Emília Magueiro. **Criptomoedas e blockchain: o direito no mundo digital**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2018. *apud*, CARVALHO, Carla Arigony; ÁVILA, Lucas Veiga. A tecnologia Blockchain aplicada aos Contratos Inteligentes. *Revista Em Tempo*, v. 18, n. 01, p. 156-176, 2019.

CARVALHO, Carla Arigony de; ÁVILA, Lucas Veiga. **A tecnologia blockchain aplicada aos contratos inteligentes**. *Revista Em Tempo*, [S.l.], v. 18, n. 01, p. 156 - 176, dec. 2019. ISSN 1984-7858. Disponível em: <<https://revista.univem.edu.br/emtempo/article/view/3210>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

CARDOSO, Bruno. **Contratos inteligentes: descubra o que são e como funcionam**. Jusbrasil, 2018. Disponível em: <<https://brunonc.jusbrasil.com.br/artigos/569694569/contratos-inteligentes-descubra-o-que-sao-e-como-funcionam>>. Acesso em: 22 nov. 2020.

CHRISTIDIS, K.; DEVETSIKIOTIS, M. Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE Access*, 4:2292–2303. *apud*, MASCARENHAS, Juliana Z. G.; VIEIRA, Alex B.; ZIVIANI, Artur. **Análise da Rede de Transações do Ethereum**. In: **workshop em blockchain: teoria, tecnologias e aplicações (wblockchain)**, 1. , 2018, Campos do Jordão. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018. Disponível em: <<https://ojs.sbc.org.br/index.php/wblockchain/article/view/2352>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

DIVINO, Sthéfano. **Smart contracts: conceitos, limitações, aplicabilidade e desafios**. REVISTA JURÍDICA LUSO-BRASILEIRA, ANO 4 (2018), Nº 6. 2771-2808 pgs. apud, CARVALHO, Carla Arigony; ÁVILA, Lucas Veiga. A tecnologia Blockchain aplicada aos Contratos Inteligentes. Revista Em Tempo, v. 18, n. 01, p. 156-176, 2019.

EFING, A.; PINHO DOS SANTOS, A. **Análise dos smart contracts à luz do princípio da função social dos contratos no direito brasileiro**. Direito e Desenvolvimento, v. 9, n. 2, p. 49-64, 3 dez. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.unipe.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/755>>. Acesso em: 12 de nov. de 2020.

FRANÇA, Alexandre José Justino de. **Aplicação de Token-Curated Registry no combate às notícias falsas**. 2018. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação)-Departamento de Engenharia de Computação e Automação, Curso de Engenharia de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <<http://monografias.ufrn.br/handle/123456789/8124>>. Acesso em: 11 de nov. de 2020.

FERREIRA, F. (2017). **Blockchain e Ethereum Aplicações e Vulnerabilidades**. 2017. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação)-Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<https://linux.ime.usp.br/~fredlage/mac0499/Monografia.pdf>>. Acesso em: 29 de nov. de 2020.

FERRAZ, Robertson Novellino; SILVA, Artur Stamford da (Orient.). **As tecnologias envolvendo os contratos inteligentes (smart contracts) e alguns dos impactos nos contratos**. 2019. 66 f. TCC (graduação em Direito) - Faculdade de Direito do Recife - CCJ - Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - Recife, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/37502>> Acessado em: 23 de nov. de 2020.

GOMES, Delber. **Contratos ex machina: breves notas sobre a introdução da tecnologia (Blockchain e Smart Contracts)** (1º de maio de 2018). REVISTA ELECTRÔNICA DE DIREITO - OUTUBRO 2018 - N.º 3 - ISSN 2182-9845, Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=3352031>> Acesso em: 20 de set. de 2020.

JURIDOC. **O que são e como funcionam os smart contracts ou contratos inteligentes**, Juridoc. 2016. Disponível em: <<https://www.juridoc.com.br/blog/legaltech/12409-o-que-sao-smart-contracts-contratos-inteligentes/>>. Acesso em: 27 de nov. de 2020.

LUCENA, A. U. de; HENRIQUES, M. A. A. **Estudo de arquiteturas dos blockchains de Bitcoin e Ethereum**, 2016, DCA - Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial. Disponível em: <[https://www.sps.fee.unicamp.br/sites/default/files/departamentos/dca/eadca/eadcaix/artigos/lucena\\_henriques.pdf](https://www.sps.fee.unicamp.br/sites/default/files/departamentos/dca/eadca/eadcaix/artigos/lucena_henriques.pdf)>. Acessado em: 29 de agosto de 2020.

MASCARENHAS, Juliana Z. G.; VIEIRA, Alex B.; ZIVIANI, Artur. **Análise da Rede de Transações do Ethereum**. In: workshop em blockchain: teoria, tecnologias e aplicações (wblockchain), 1. , 2018, Campos do Jordão. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018. Disponível em: <<https://ojs.sbc.org.br/index.php/wblockchain/article/view/2352>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

MASCARENHAS, Juliana Z. G.; VIEIRA, Alex B.; ZIVIANI, Artur. **Análise da Rede de Transações do Ethereum**. In: workshop em blockchain: teoria, tecnologias e aplicações (wblockchain), 1. , 2018, Campos do Jordão. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018. Disponível em: <<https://ojs.sbc.org.br/index.php/wblockchain/article/view/2352>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

MOREIRA, Rodrigo. **Investigação preliminar sobre a natureza e os critérios de interpretação dos smart contracts**. USP – Universidade de São Paulo. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5111812/mod\\_resource/content/0/MOREIRA%20Uma%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20preliminar%20sobre%20a%20natureza%20dos%20smart%20contracts.pdf#:~:text=Assim%2C%20entendemos%20que%20a%20interpreta%C3%A7%C3%A3o,e%20a%20conduta%20das%20partes.](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5111812/mod_resource/content/0/MOREIRA%20Uma%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20preliminar%20sobre%20a%20natureza%20dos%20smart%20contracts.pdf#:~:text=Assim%2C%20entendemos%20que%20a%20interpreta%C3%A7%C3%A3o,e%20a%20conduta%20das%20partes.)>. Acesso em: 29 de ago. de 2020.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: **Um Sistema de Dinheiro Eletrônico Peer-to-Peer**, 2008. Disponível em: <[https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin\\_pt\\_br.pdf](https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_pt_br.pdf)>. Acesso em: 29 de set. de 2020.

ORLANDO, G. **Contratos**. Grupo GEN, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788530986735/>>. Acesso em: 06 de set. de 2020.

PEREIRA, R. R. (2018). **Estudo de caso sobre a tecnologia Blockchain, Projeto Ethereum e viabilidade de métodos de mineração**. Ciência da Computação-Tubarão, p.19-21, Disponível em: < <http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/6464>>. Acesso em: 29 de nov. de 2020.

SCHECHTMAN, D. (2019). **Uma Visão De Futuro Para Adoção De Smart Contracts Em M&A (A Future Vision for the Adoption of Smart Contracts in M&A)**. Available at SSRN 3430795. Disponível em: < [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3430795](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3430795) >. Acesso em: 13 de nov. de 2020.

STOKARZ. **Ethereum (ETH 2.0) - abrindo caminho para um futuro descentralizado**, Tokeny.pl. 2019. Disponível em: <<https://tokeny.pl/pt/ethereum/>>. Acesso em: 29 de nov. de 2020.

SZABO, Nick. **Formalizing and Securing Relationships on Public Networks**. Firstmonday, v. 2, n. 9 – 1, set. 1997. Disponível em: <<https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548/469> >. Acesso em: 20 out. 2020. apud CARVALHO, Carla Arigony; ÁVILA, Lucas Veiga. A tecnologia Blockchain aplicada aos Contratos Inteligentes. Revista Em Tempo, v. 18, n. 01, p. 156-176, 2019.

SILVA, F. M. D. D. **Bitcoin e Ethereum: A dinâmica informacional entre preço, volume de transação e capitalização** (Doctoral dissertation, Universidade de Coimbra). Disponível em: <<https://eg.uc.pt/handle/10316/84587>> Acesso em: 14 de nov. de 2020.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016. 167p.

WOOD, G. (2014). **Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger**. Disponível em: <<https://files.gitter.im/ethereum/yellowpaper/Vlyt/Paper.pdf>> Acesso em: 26 de nov. de 2020.