



**UnB**

Universidade de Brasília

Faculdade de Ciência da Informação

Graduação em Biblioteconomia

Monografia em Biblioteconomia e Ciência da Informação

**Tecnologia Blockchain e as suas possíveis aplicações no  
processo de comunicação científica**

Leonardo Rodrigues Carvalho

Orientadora: Professora Dr<sup>a</sup> Fernanda de Souza Monteiro

Brasília

Julho de 2018

LEONARDO RODRIGUES CARVALHO

**Tecnologia Blockchain e as suas possíveis aplicações no  
processo de comunicação científica**

Monografia apresentada à Faculdade de Ciência da  
Informação, curso de Biblioteconomia, da  
Universidade de Brasília, como requisito parcial à  
obtenção do grau de bacharel em Biblioteconomia

**Orientador (a):** Professora Dr<sup>a</sup> Fernanda de Souza  
Monteiro

Brasília  
Julho de 2018

C331t Carvalho, Leonardo Rodrigues

Tecnologia Blockchain e as suas possíveis aplicações no processo de comunicação científica / Leonardo Rodrigues Carvalho. -- Brasília, 2018.

95 f.

Monografia (Graduação - Biblioteconomia) -- Universidade de Brasília, Faculdade de Ciência da Informação, 2018.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Fernanda de Souza Monteiro

1. Blockchain. 2. Comunicação Científica. 3. Sistemas de Informação. II. Título.



**Título: Tecnologia Blockchain e as suas possíveis aplicações no processo de comunicação científica.**

**Aluno: Leonardo Rodrigues Carvalho.**

Monografia apresentada à Faculdade de Ciência da Informação da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Biblioteconomia.

Brasília, 20 de julho de 2018.

**Fernanda de Souza Monteiro** - Orientadora  
Professora da Faculdade de Ciência da Informação (UnB)  
Doutora em Ciência da Informação

**Márcio de Carvalho Victorino** – Membro  
Professor da Faculdade de Ciência da Informação (UnB)  
Doutor em Ciência da Informação

**Maria da Conceição Lima Afonso** – Membro externo  
Mestre em Ciência da Informação

## **Agradecimentos**

O cumprimento de mais uma etapa na minha jornada educacional é muito gratificante e, naturalmente, me faz lembrar de tudo que fiz para chegar até aqui. Nesses não tão longos vinte e quatro anos tive apoio de pessoas que, ao entrarem na minha vida, influenciaram e ajudaram a formar o indivíduo que sou hoje. Nada mais justo que, nesses pequenos momentos em que posso deixar registrado o meu reconhecimento a essas pessoas, de forma pública, todo o agradecimento seja dado a elas.

Gostaria de agradecer, inicialmente, à vida, por me permitir viver tantos momentos bons e por ter sempre sido tão gentil comigo. Aos meus professores, do início até hoje, pois vocês foram inquestionavelmente fundamentais para esta conquista. Aos meus pais, Hosmy Carvalho e Isabel Rodrigues, que são o meu Norte. À Fátima Oliveira, por ter sempre cuidado de mim.

A Tadeu Sposito, pelo companheirismo, por todas as nossas risadas e por toda a paciência e apoio neste trabalho e na vida. A Renan Mesquita, por me acudir nos momentos de dúvidas e por estar sempre ao meu lado. À Nair Oliveira, Phillipe Freitas, Daniel Augusto e Thays Dias, pela amizade sincera que se iniciou na universidade e foi para a vida.

A Juliana Bernardes, Daiane Sorato e Aline Jacob, que me ensinaram como ninguém sobre minha profissão e me tornaram um profissional melhor. À professora Fernanda Monteiro, pelos bons papos, conselhos, risadas e suporte durante parte da minha caminhada acadêmica (também foi um enorme prazer trabalhar com você).

Por fim, meu agradecimento também se estende a todos os demais amigos que direta ou indiretamente também me ajudaram a chegar até aqui.

Muito obrigado por tudo, de verdade!

## Resumo

Com o objetivo de pensar nas possibilidades de uso do Blockchain na comunicação científica, esta pesquisa exploratória apresenta as principais características dessa tecnologia - entre as quais se destacam a imutabilidade dos dados e a desintermediação - identificando suas especificidades e aspectos de inovação que apresenta, com base em revisão bibliográfica. Procurou-se identificar, ainda, em que áreas e de que maneira o Blockchain tem sido empregado. Tratou-se, também, da comunicação científica e de seus princípios, bem como dos suportes tecnológicos empregados no processo, como os bancos de dados. Com base nisso, foram identificadas possibilidades de uso do Blockchain na divulgação e no processo de produção científica, o que permitiu que se concluísse que essa tecnologia, ainda que talvez não revolucione esse processo, tem potencial para aprimorar e tornar a comunicação científica mais transparente, dinâmica e célere.

**Palavras-chave:** Blockchain. Comunicação científica. Sistemas de informação.

## **Abstract**

With the purpose of thinking about possible uses of Blockchain in scientific communication, this exploratory research presents the main characteristics of that technology - among them, data immutability and disintermediation - its specificities and aspects of innovation, based on in a bibliographic review. Current uses of Blockchain, in different areas, were also identified. Scientific communication, its principles and technological support, such as databases, were also addressed. Based on that, possibilities of using Blockchain in scientific production and dissemination were identified, what allowed to conclude that this technology, although may not revolutionize the process, has the potential to improve and make scientific communication more transparent, dynamic and fast.

**Keywords:** Blockchain. Science Communication. Information System.

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Rede do tipo Cliente/Servidor .....	18
<b>Figura 2:</b> Rede Peer-to-peer .....	19
<b>Figura 3:</b> Criptografia simétrica .....	21
<b>Figura 4:</b> Criptografia assimétrica .....	23
<b>Figura 5:</b> Exemplo da função <i>hash</i> .....	24
<b>Figura 6:</b> Estrutura da árvore de Merkle.....	27
<b>Figura 7:</b> Camadas tecnológicas do Blockchain .....	37
<b>Figura 8:</b> Cadeia de blocos e representação de sua estrutura interna .....	39
<b>Figura 9:</b> Estrutura de uma transação.....	40
<b>Figura 10:</b> Tipos de Blockchain .....	43
<b>Figura 12:</b> Modelo de Garvey e Griffith adaptado por Hurd .....	59
<b>Figura 13:</b> Modelo modernizado de Garvey e Griffith .....	60
<b>Figura 14:</b> Comunicação científica: um modelo para 2020 .....	61
<b>Figura 15:</b> Uma visão geral do software.....	63
<b>Figura 16:</b> Os componentes de um sistema de informação.....	68
<b>Figura 17:</b> Sistema de banco de dados.....	70

## **Lista de quadros**

<b>Quadro 1:</b> Principais desafios do Blockchain .....	44
<b>Quadro 2:</b> Categorização dos canais de comunicação científica.....	56
<b>Quadro 3:</b> Exemplos de usos das aplicações na comunicação científica .....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>BOAI</b>	Budapest Open Access Initiative
<b>CPQD</b>	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
<b>IPFS</b>	InterPlanetary File System
<b>POW</b>	Proof-of-Work
<b>POS</b>	Proof-of-stake
<b>P2P</b>	Peer-to-peer
<b>SI</b>	Sistema de Informação
<b>SGBD</b>	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
<b>STM</b>	Associação Internacional de Publicações Científicas, Técnicas e Médicas
<b>TIC</b>	Tecnologias de Informação e Comunicação
<b>UIT</b>	União Internacional das Telecomunicações

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1. OBJETIVOS	14
1.2. JUSTIFICATIVA	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>17</b>
2.1. CONCEITOS ELEMENTARES	17
2.1.1. REDE <i>PEER-TO-PEER</i>	18
2.1.2. CRIPTOGRAFIA	19
2.1.2.1. Criptografia simétrica	21
2.1.2.2. Criptografia assimétrica	22
2.1.2.3. Função <i>Hash</i>	24
2.1.2.4. Assinatura digital	25
2.1.3. ÁRVORE <i>MERKLE</i>	26
2.2. BLOCKCHAIN	28
2.2.1. SURGIMENTO, PRINCIPAIS APLICAÇÕES EM USO E EXPECTATIVAS	31
2.2.1.1. Principais iniciativas	34
2.2.2. UM OLHAR SOBRE A ESTRUTURA DO BLOCKCHAIN	37
2.2.2.1. CADEIA DE BLOCOS	38
2.2.2.2. Validação dos blocos	41
2.2.2.3. Tipos de Blockchain	43
2.2.3. PRINCIPAIS DESAFIOS DA TECNOLOGIA	44
2.3. A COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA	47
2.3.1. ASPECTOS HISTÓRICOS DO DESENVOLVIMENTO DA COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA	49
2.3.2. UMA ANÁLISE SOBRE AS ETAPAS DA COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA	55
2.3.2.1. Modelos de comunicação científica	58
2.4. UMA ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA	62
2.4.1. Sistemas de Informação	67
2.4.2. O Blockchain e os banco de dados atuais	69
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>74</b>
<b>4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>76</b>
4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DESAFIOS ENCONTRADOS NA TECNOLOGIA E NO SEU USO APLICADO A COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA	85
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>88</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>89</b>

## 1. Introdução

Desde a primeira revolução industrial, o homem está em meio a máquinas. Mais recentemente, a revolução tecnológica, fruto dessa primeira revolução que aconteceu por volta dos séculos XVIII e XIX, transformou tanto quanto, ou mais, os modelos de relacionamentos de todo o tipo e também o acesso a informações. A partir disso, caracteriza-se esse período como a sociedade da informação. Vivemos em uma época de constantes mudanças, em que a todo tempo surgem novas tecnologias que, conseqüentemente, geram ou extinguem empregos. Sendo assim, uma ideia comumente atribuída a Alvin Toffle é a de que “os analfabetos do século XXI não serão aqueles que não souberem ler nem escrever, mas aqueles que não souberem aprender, desaprender e reaprender”.

O Blockchain surge como mais um avanço dessa revolução tecnológica, em que há a expectativa de mais uma mudança em diversas esferas sociais. Em linhas gerais, Ribeiro (2017) define o Blockchain como um sistema de base de dados, mantido de modo descentralizado, em que todos são responsáveis por armazenar ou manter as informações contidas. Esse modelo de estrutura garante que qualquer nó entre ou saia da rede, sem colocar em risco a integridade ou ainda a disponibilidade do sistema.

Por ser relativamente nova, essa tecnologia ainda não possui uma vasta coleção de escritos acadêmicos descrevendo seus conceitos, funcionamento e aplicações, mas, apesar disso, é extremamente comum notar o entusiasmo ao abordá-la.

Mougayar (2017), introduzindo-a, a contextualiza como não somente uma revolução, mas mais que isso: um fenômeno em curso que, como um tsunami, avança gradualmente envolvendo tudo em seu caminho. Sua previsão é de que isso trará uma mudança que atinge a governança, o modo de vida, modelos corporativos tradicionais, sociedades e instituições globais.

Pode parecer, a princípio, que tal previsão é desmoderada. Porém, essa opinião se legitima, pois, ainda que o grande sucesso do Blockchain tenha vindo do seu uso no setor financeiro, com o surgimento da criptomoeda Bitcoin, hoje, com o seu desenvolvimento, já é possível se pensar em seu uso em diversos setores, como:

automotivo, cadeia de suprimentos, setor elétrico, telecomunicações, assistência médica (RIBEIRO, [2017?]).

Entendendo a tecnologia Blockchain como a próxima grande evolução digital após a web, torna-se claro que tal vem para trazer novas mudanças, tendo como uma das principais funções substituir alguns intermediários, assim como outrora também fez a internet. Atualmente, diversas iniciativas de governos ao redor do mundo aparecem com o objetivo de explorá-la. Esse interesse surge basicamente pelos benefícios que podem ser extraídos dependendo de sua aplicação, reduzindo custos e trazendo mais segurança em rede. (RIBEIRO, [2017?]).

Mas não é só o setor público que tem seus olhos voltados para essa revolução. Dados apontam que em 2016 já existiam mais de 140 empresas com iniciativas em Blockchain, 30% delas localizadas no Vale do Silício (RIBEIRO, [2017?]). Em 2018, a revista Forbes incluiu 9 empresas baseadas em Blockchain entre as 50 mais importantes *fintechs*<sup>1</sup> do ano (NOVACK, 2018).

Diante desse contexto, começam os primeiros desenvolvimentos dessa tecnologia a serviço da ciência. Iniciativas de estudo, como a *Blockchain for Science*, têm dedicado esforços para desenvolver soluções e melhorias para os processos de comunicação e divulgação científica. Outras colaborações importantes de pontuar são as *Scienceroot*<sup>2</sup> e *Pluto*<sup>3</sup>, plataformas científicas baseadas em Blockchain, que, apesar de embrionárias, já começam a trazer as primeiras aplicações de um sistema que funciona no âmbito científico, baseado em Blockchain.

Seguindo essa tendência, apresenta-se o objetivo deste trabalho, que visa, com base na estrutura e funcionamento do Blockchain, analisar como tal tecnologia pode ser aplicada no processo de comunicação e divulgação científica.

É importante ressaltar que, tendo em vista a tímida literatura e a pouca quantidade de aplicações já em funcionamento em áreas não financeiras, grande parte da fundamentação sobre a estrutura de funcionamento do Blockchain realizada nesta pesquisa se dará por meio da análise de aplicações de sucesso, como a Bitcoin. Essa abordagem não prejudicará o entendimento da tecnologia, visto que os

---

<sup>1</sup> Startup que trabalha para inovar e otimizar serviços do setor financeiro.

<sup>2</sup> Disponível em: <https://www.scienceroot.com>

<sup>3</sup> Disponível em: <https://pluto.network/>

fundamentos estruturais, em maior parte, são basicamente os mesmos. Também não se tem como objetivo criar aplicações no sentido de desenvolvimento de sistemas, mas apontar caminhos com base na fundamentação estrutural, base do Blockchain.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo geral**

- Analisar as potenciais aplicações do Blockchain no processo de comunicação científica.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Apresentar uma visão geral sobre o estado-da-arte no estudo do Blockchain;
- Descrever a estrutura, funcionamento, principais conceitos relacionados à tecnologia;
- Relacionar as contribuições da tecnologia Blockchain para a área de comunicação científica;

## 1.2. Justificativa

O Blockchain segue uma tendência tecnológica que existe desde 1950, com a inovação da Tecnologia da Informação (TI). Nesse período foram introduzidos conceitos como: *mainframes*, banco de dados, redes, servidores, *softwares*, sistemas operacionais e linguagens de programação. Decorrente dessa evolução, surgiu a Web, em 1990, que apresentou ao público outras diversas terminologias que também fazem parte do conhecimento geral: *website*, Java, *blog*, HTTP, URL, HTML (MOUGAYAR, 2017).

Essas tecnologias, desde os seus surgimentos, transformaram todo o mundo, tornando nossa relação, sobretudo com a informação, mais ágil. Esse marco, a que se deu o nome de “explosão da informação”, trouxe, além de novas áreas de conhecimento, organização do acesso e oferta de informações (VALERIO; PINHEIRO, 2008).

Com o novo paradigma instaurado, o modo de se comunicar e divulgar a ciência também foi alterado. Os e-mails substituíram as cartas, os periódicos científicos entraram no mundo digital e as comunicações se tornaram instantâneas, trazendo agilidade ao se fazer ciência e também ao compartilhá-la (VALERIO; PINHEIRO, 2008).

Garvey e Griffith (1979) definem a comunicação científica como um conjunto de atividades relacionadas com produção, disseminação e uso da informação. A comunicação científica contemporânea é caracterizada pelo uso de diversas tecnologias (periódicos online, repositórios, bibliotecas digitais) e pelo surgimento de diversas frentes (movimento de acesso aberto, dados abertos, softwares livres) que, assim como as revoluções passadas, buscam uma ciência mais transparente e acessível.

Rossum (2017) expõe que em um mundo globalizado, em que barreiras geográficas e temporais são descartadas, e no qual se espera uma troca de ideias, hipóteses, dados e resultados com grande agilidade, a comunicação científica tem diversos pontos para serem aperfeiçoados, nos mais variados aspectos. Tais pontos são observados, por exemplo, nas fraudes do processo de revisão de pares, na inflexibilidade dos periódicos científicos e também no controle do autor sobre o histórico dos documentos após sua submissão em periódicos ou afins.

Assim, Rossum (2017), bem como outros autores, aponta para a tecnologia Blockchain como uma possível solução para esses problemas encontrados. Há também a expectativa de criação de novos modelos de sistemas de informação que possam dar suporte a processos específicos da área.

Parece claro que o potencial do uso de Blockchain faz com que seja natural, esperado e mesmo necessário um estudo que se atente aos benefícios dessa tecnologia para a ciência. Afinal, é do interesse de qualquer um que faça ciência, produzir e disseminar conhecimento de forma segura, confiável e eficiente. A ciência é uma construção coletiva e não evolui, pelo menos não com o mesmo potencial, sem que haja um processo de comunicação que permita que a produção se faça conhecer e possa se desenvolver. Ora, se existe uma tecnologia que potencialmente pode aprimorar esse processo, é extremamente relevante investigar no quê o uso de Blockchain pode contribuir com a comunicação científica e, conseqüentemente, com a ciência.

## 2. Revisão de literatura

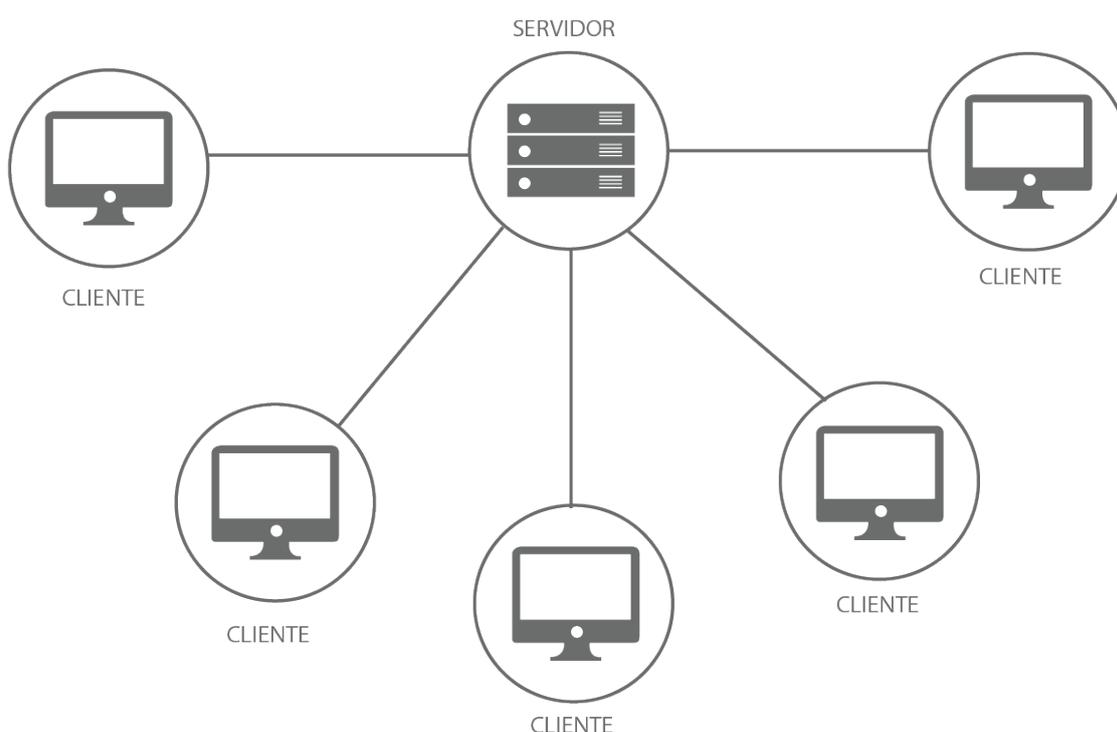
Neste capítulo são abordadas as questões teóricas desta pesquisa. Para que todos os objetivos delimitados sejam satisfatoriamente atingidos, esta seção será dividida em quatro segmentos: o primeiro apresenta os conceitos elementares necessários para a compreensão das partes seguintes. No segundo, tem-se como escopo a questão da tecnologia Blockchain. Objetiva-se, nesse ponto, percorrer um breve histórico, desde seu surgimento; trazer esclarecimentos sobre a estrutura básica que envolve a tecnologia e discutir sobre o seu funcionamento e aplicações. A terceira parte aborda o processo de comunicação científica, em que se enseja compreender o seu ciclo de funcionamento desde a concepção da ideia à divulgação. Por fim, será realizada uma breve análise das tecnologias utilizadas pela comunicação científica, em que se objetiva, a partir de suas particularidades, observar como o Blockchain pode ser uma tecnologia apta a alterar ou criar padrões no processo de comunicação e divulgação científica.

### 2.1. Conceitos Elementares

Esta seção apresenta os principais conceitos necessários para compreender o funcionamento do Blockchain. Visando um entendimento breve de como os termos apresentados são utilizados na tecnologia, antecipa-se brevemente a contextualização realizada na seção subsequente. Em tradução literal, Blockchain significa cadeia de blocos. Seu funcionamento ocorre com blocos de registros que operam por meio de rede descentralizada. O bloco possui uma gama de registros de acontecimento, que, assim como o bloco, seguem uma ordem cronológica de armazenamento. Para a realização desse acontecimento, ou seja, a troca de informação entre usuários, é utilizada a criptografia assimétrica de assinatura digital, que garante aspectos de segurança à transação ocorrida. Cada bloco possui um número de identificação, obtido a partir do resumo desse bloco, denominado função *hash* e, além disso, possui em seus metadados o *hash* do bloco anterior, assegurando que nenhum bloco será alterado, preservando as informações contidas nele. A função *hash* é atribuída pelo uso da árvore de Merkle, que, a partir das *hashes* de cada registro, realiza funções matemáticas até atribuir a *hash* do bloco. Os demais conceitos não tratados aqui serão desenvolvidos no decorrer da pesquisa.

### 2.1.1. Rede *Peer-to-peer*

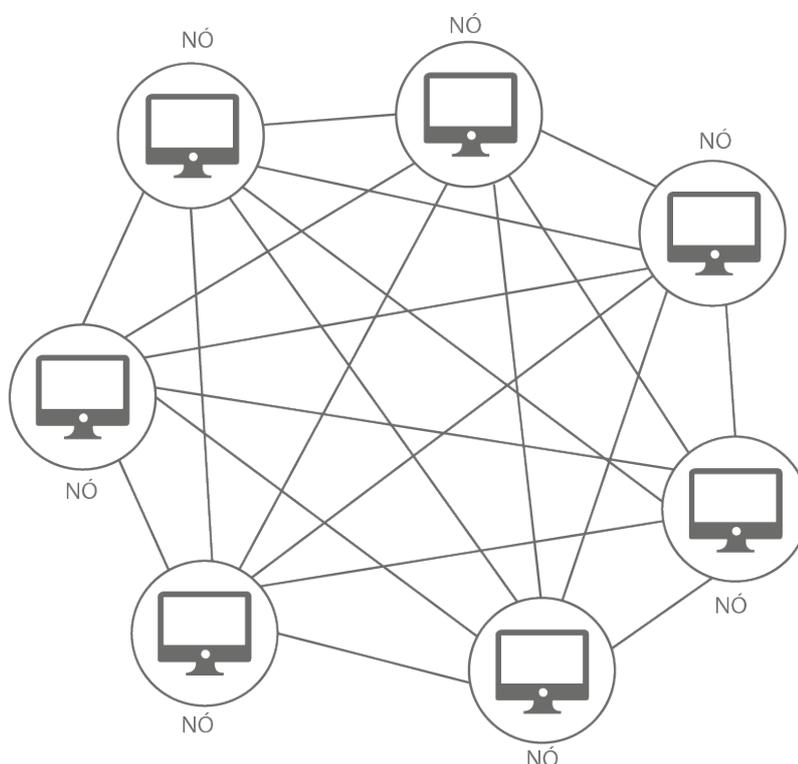
A rede *Peer-to-peer* (P2P) é um tipo de rede de computadores que vai na contramão do que é proposto em uma rede de modelo tradicional do tipo Cliente/Servidor, em que os servidores possuem o papel de disponibilizar serviços e os usuários atuam somente como beneficiários. Sua mais fundamental característica está na descentralização, o que faz com que cada nó (*peer*) desempenhe funções como cliente e também servidor (LOPES, 2014).



**Figura 1:** Rede do tipo Cliente/Servidor  
**Fonte:** Adaptado de Wang (2009)

Esse tipo de rede não depende de uma organização central ou de hierarquia, fazendo com que todos os nós integrantes, com direitos de acesso adequados, tenham a mesma capacidade e responsabilidade. Por ser descentralizado, todos os nós possuem uma cópia da base de dados, isso garante uma maior segurança contra eventuais invasões ou perda de dados. Outro benefício é a garantia da disponibilidade

do sistema: mesmo que algum nó, por acaso, não esteja funcionando, os outros nós mantêm o sistema em operação (KAMIENSKI et al, 2005).



**Figura 2:** Rede Peer-to-peer  
**Fonte:** Adaptado de Wang (2009)

Justamente por apresentar estrutura descentralizada, a rede P2P possui uma maior escalabilidade, pois a medida que o número de nós cresce, a performance da rede também é elevada. Por outro lado, uma rede no modelo cliente/servidor tem seu desempenho reduzido de acordo com o crescimento de requisições vindas por parte dos clientes (KAMIENSKI et al, 2005).

### 2.1.2. Criptografia

A criptografia é um termo que atualmente é muito relacionado com a segurança em rede, mas é conhecida desde os tempos antigos. Marques (2013) define a criptografia como a ocultação, por meio de códigos, do real significado de uma

informação, garantindo que somente o remetente e o destinatário entendam o seu conteúdo. Amaro ainda é mais abrangente quanto à sua conceituação:

Um processo pelo qual um texto puro (normal) é convertido em uma mensagem codificada (texto cifrado), através da aplicação de um algoritmo (...), de forma a ser possível retornar a mensagem à sua forma original (2009, p.1)

Ainda analisando a criptografia, Amaro (2009) aponta os seus quatro princípios básicos:

- **Confidencialidade da mensagem:** somente o destinatário deve ser capaz de acessar a mensagem em sua forma original;
- **Integridade da mensagem:** capacidade de detectar qualquer alteração durante a transmissão da mensagem;
- **Autenticação do remetente:** a possibilidade de o destinatário identificar o remetente e ter a garantia de que a mensagem é realmente enviada por ele;
- **Não repúdio ao remetente:** impossibilidade de o remetente negar o envio da mensagem.

Vale ressaltar que esses princípios não são entregues de uma só vez ao se utilizar uma criptografia. Para isso, é necessário o uso de serviços, por exemplo, função *hash* e assinatura digital, para a entrega total desses elementos. Não necessariamente é preciso haver todos os princípios, como no caso do Blockchain, que preza mais pela integridade e autenticação, visto que tem um caráter de manter as informações abertas (BRAGA; DAHAB, 2015) .

Na Ciência da Computação a criptografia é categorizada em dois tipos: simétrica (ou de chave privada) ou assimétrica (ou de chave pública).

### 2.1.2.1. Criptografia simétrica

A criptografia simétrica foi o primeiro tipo de criptografia desenvolvido. Sua estrutura objetiva transformar um texto claro em um texto cifrado (mensagem codificada). O processo em que um texto claro é transformado em um texto cifrado é chamado de encriptação. A restauração do texto cifrado para o texto claro é chamada de decifração (STALLING, 2015).



**Figura 3:** Criptografia simétrica  
**Fonte:** Adaptado de Stalling (2015)

A encriptação do texto claro ocorre por meio de uma chave e de um algoritmo de criptografia, e somente com esses elementos a decifração ocorre. O tamanho da chave influi diretamente na segurança da informação: quanto maior for a chave, mais segura está a informação criptografada. O conteúdo dessa chave é definido pelo tipo de criptografia utilizada no desenvolvimento do sistema, podendo ser uma palavra, frase ou um conjunto de números e/ou símbolos aleatórios (MARQUES, 2013).

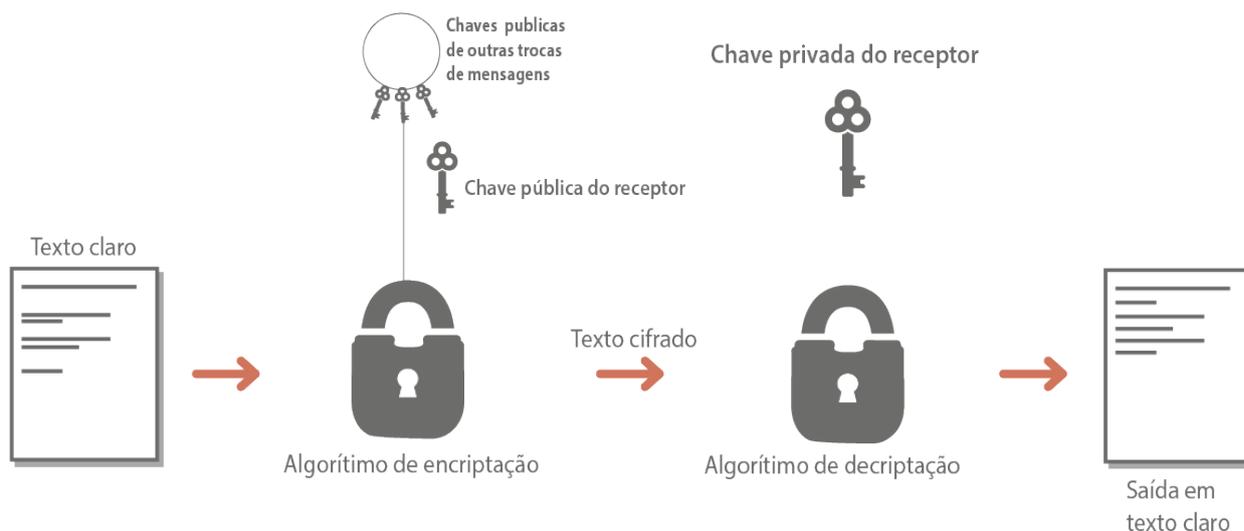
### 2.1.2.2. Criptografia assimétrica

Desde o início dos tempos, todos os tipos de criptografia tinham base em modelos semelhantes ao da criptografia simétrica; logo, a criptografia de chave assimétrica é considerada por Stalling (2015) como a maior e talvez única revolução em toda a história da criptografia. Isso acontece, pois, seu funcionamento é baseado em funções matemáticas, não em substituições ou permutações, como ocorre na criptografia simétrica.

Sua estrutura envolve chaves separadas, o que impacta diretamente na confidencialidade e autenticação. É importante ressaltar que o surgimento da encriptação assimétrica não tornou obsoleto o uso de encriptação simétrica, pois essa necessita de uma maior carga computacional.

A criptografia assimétrica conta com a presença de duas chaves: uma responsável pela encriptação e a segunda pela decifração. Outros elementos presentes são o algoritmo de encriptação, responsável pela transformação do texto claro em um texto cifrado; e o algoritmo de decifração, que recebe o texto cifrado junto com sua respectiva chave e assim o transforma novamente no texto original (STALLING, 2015).

Cada usuário possui chaves individuais, sendo que elas não podem ser similares entre si. Nesse tipo de criptografia, as chaves são denominadas como chave pública ou chave privada. Sua dessemelhança é quanto à acessibilidade, sendo a chave pública acessível em um registrador público ou outro arquivo, enquanto a chave privada permanece inacessível (STALLING, 2015).



**Figura 4:** Criptografia assimétrica  
**Fonte:** Adaptado de Stalling (2015)

O processo desse tipo de criptografia, representado graficamente na figura 4, se inicia com a presença de um texto claro que será enviado pelo remetente. Tal texto é então codificado com a chave pública do destinatário, por meio algoritmo de encriptação. A chave utilizada para encriptar a mensagem é adicionada à uma coleção de chaves publicas, que contém chaves relacionadas às trocas de mensagens do remetente com quaisquer outros destinatários com os quais já foram feitos contatos prévios. Por sua vez, o destinatário, após receber a mensagem criptografada, só poderá decriptá-la utilizando sua chave privada, por meio de um algoritmo de decriptação. Ninguém além do receptor, possuidor da chave privada, poderá decriptar a mensagem. O processo inverso ocorre sob o mesmo princípio (STALLING, 2015).

Observa-se que as criptografias simétricas e assimétricas garantem fundamentalmente o sigilo das informações, permitindo que somente o destinatário da mensagem possa recebê-la em texto claro. E como isso se aplica, quando se fala em Blockchain? Cabe aqui apresentar o que são, segundo Braga ([2017?]), as bases das soluções comuns trazidas pelo Blockchain: a função *hash* e a assinatura digital. Ambas são algoritmos criptográficos para a integridade dos dados, que, com base na estrutura tradicional apresentada anteriormente, foram criados para garantir a autenticidade a irrefutabilidade das mensagens, visando aumentar o nível de segurança dos computadores e rede. Vale ressaltar que a criptografia simétrica e

assimétrica somente fornece insumos para compreender a função *hash* e assinatura digital – aplicação de segurança que é utilizada no Blockchain.

### 2.1.2.3. Função Hash

A função *hash* é uma função matemática que, entre outras serventias, é utilizada no Blockchain para a construção das árvores de *Merkle*. Segundo Narayanan et al., (2016), essa função possui três propriedades:

- Entrada é constituída por uma sequência de caracteres de qualquer tamanho;
- Como saída, uma série de caracteres que possuem tamanho fixo;
- Sua eficiência é computável. Isso quer dizer que ao introduzir uma determinada entrada, você pode descobrir a correspondente saída em um período de tempo razoável.



**Figura 5:** Exemplo da função *hash*  
**Fonte:** Elaborada pelo autor

Para a utilização desenvolvida para uma aplicação de segurança, chamada de função *hash* criptográfica, será necessária a apresentação de mais duas propriedades que asseguram a confiabilidade dessa função (NARAYANAN *et al*, 2016; STALLING, 2015):

- Resistência à colisão: uma colisão acontece quando duas ou mais entradas diferentes produzem o mesmo *hash* de saída. Desse modo, a resistência à

colisão tem a finalidade de certificar que essa ação indesejável tenha uma probabilidade pequena de acontecer.

- **Anti-reversão:** é a sua unidirecionalidade, pois, uma vez que aplicada, não é reversível. Sendo assim, não é possível a recuperação da entrada original a partir da sequência *hash* de saída.

Devido a essas características, a função *hash*, conforme Stalling (2015), é um meio frequentemente utilizado para indicar se determinados dados foram ou não modificados. No Blockchain, uma das principais utilizações da função *hash* é para a construção da *Árvore Markle*, detalhada no tópico 2.1.3.

#### 2.1.2.4. Assinatura digital

A assinatura digital se assemelha às assinaturas convencionais quanto às suas funções. Assim, espera-se de uma assinatura digital duas qualidades essenciais:

- **Autenticidade:** somente você é capaz de realizar a sua assinatura, porém todos conseguem constatá-la como uma assinatura válida;
- **Garantia contra desvinculação:** assim como em um documento físico, a assinatura deve estar atrelada ao documento originalmente assinado, impossibilitando o uso dessa mesma assinatura vinculada a um documento diferente.

O uso da assinatura digital visa trazer a autenticidade e endosso das informações transmitidas, o que não é garantido com a criptografia simétrica e assimétrica, já que ambas, no modo apresentado acima, garantem somente o sigilo dessas informações. Assim, a criptografia com a finalidade de assinatura digital é realizada de modo que, a partir da chave pública e privada do remetente seja possível assinar e conferir a autenticidade de um documento. Nesse caso, as chaves são utilizadas no sentido inverso as utilizadas na criptografia assimétrica, ou seja, a encriptação é realizada por meio da chave privada do emissor e a decryptação com sua chave pública. A encriptação, a partir da chave privada, gera um código atrelado ao documento, que por sua vez é verificado e confirmado ao se utilizar a chave pública para decriptografar. (BRAGA; DAHAB, 2015) .

A adição da função *hash* é um modo de tornar a assinatura digital ainda mais eficiente, garantindo a integridade da mensagem. Anteriormente, foi exposto que a função *hash* é capaz de transformar um texto com um tamanho de entrada qualquer em uma saída de tamanho única. Quando utilizado para realizar autenticação de mensagem, o valor do *hash* é chamado de resumo da mensagem. Nesse caso, é criado um mecanismo de assinatura digital que calcula o hash do texto claro e o encriptografa com a chave privada do emissor. Assim, juntamente ao texto criptografado, é enviada essa assinatura digital. Ao decriptar, o receptor pode comparar a função hash da mensagem recebida com a hash disposta na assinatura digital. Vale ressaltar que a combinação de uma assinatura digital com a criptografia assimétrica depende de cada mecanismo adotado (BRAGA; DAHAB, 2015; STALLING, 2015).

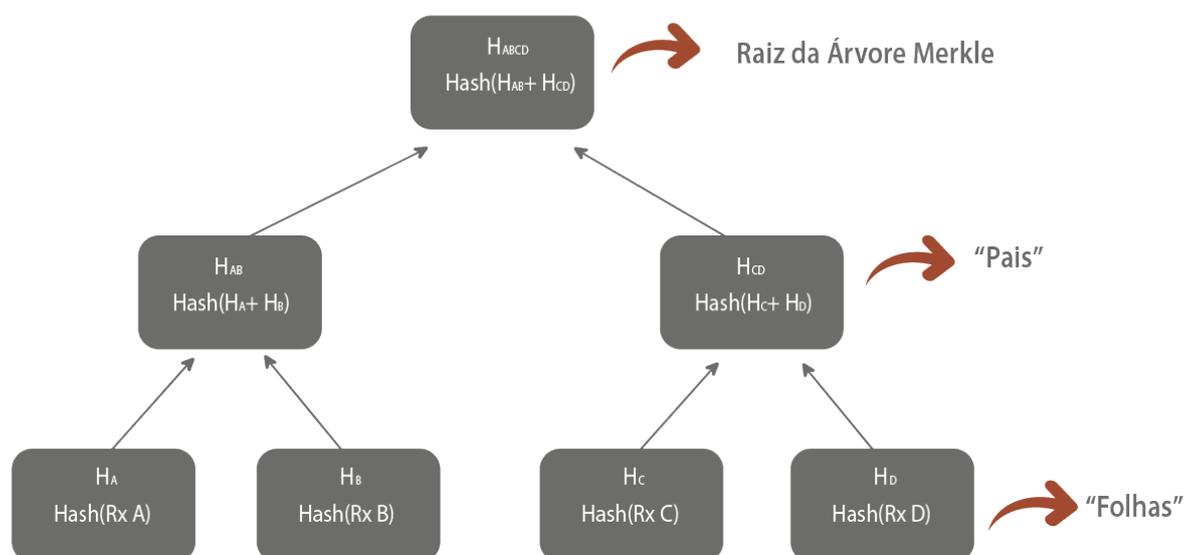
Sendo assim, o emissor pode gerar mensagens assinadas – o que possibilita, para o receptor que possuir a chave pública desse emissor, ser capaz de verificar a autenticidade da assinatura digital (BRAGA; DAHAB, 2015).

### **2.1.3. Árvore Merkle**

Uma *Árvore Merkle* é uma estrutura de dados utilizada por sua eficiência em resumir e averiguar a integridade de grandes volumes de dados. No Blockchain, ela funciona sumarizando todos os registros presentes em um bloco, criando uma espécie de impressão digital dos registros (ANTONOPOULOS, 2014).

Na Ciência da Computação, o termo *árvore* é utilizado para representar estruturas de ramificação. Porém, diferentemente dessas outras árvores, a representação nessa estrutura ocorre de modo contrário, em que a raiz (normalmente ligada à parte inferior) está disposta no topo e as folhas, posicionadas na base.

Essa estrutura é construída por meio de repetidas submissões de pares de nós de *hash*, até que se reste somente uma única *hash*, chamada Raiz da Árvore de *Merkle*, alocada nos metadados contidos no bloco (ANTONOPOULOS, 2014)..



**Figura 6:** Estrutura da árvore de Merkle  
**Fonte:** Adaptado de Antonopoulos (2014)

Na figura acima tem-se um exemplo dessa estrutura. Nesse caso, contendo quatro registros: A, B, C e D. Dispostos na parte inferior da árvore, eles são denominados como “folhas”. Cada folha é submetida a uma função *hash* que, concatenada com o seu respectivo par, resulta no nó “pai”. Seguindo a mesma lógica, os pais desses registros também são submetidos a uma função *hash*, criando assim a Raiz da Árvore *Merkle*. Por ser uma árvore binária, ou seja, é necessário um par de registros, em caso de o número total de folhas ser um número ímpar, há a duplicação da folha que não possui seu respectivo par (ANTONOPOULOS, 2014).

No exemplo apresentado, a *hash* de cada folha representa a *hash* de um respectivo registro, já a raiz da árvore *merkle* representa a *hash* do bloco. Pode-se perceber que, em qualquer tentativa de alteração da *hash* da raiz, todos os ramos são conjuntamente alterados resultando em um erro no próprio bloco e no bloco posterior, que também possui em seus metadados a *hash* do bloco antecessor. Essa funcionalidade em conjunto com a rede descentralizada garante a imutabilidade de qualquer informação disposta no Blockchain.

## 2.2. Blockchain

Ao se abordar Blockchain, percebe-se ainda uma grande dificuldade de conceituá-lo, sendo possível encontrar diversas definições que abrangem somente determinados aspectos dessa tecnologia. Isso ocorre, como aponta Mougayar (2017), pela visão ainda unidimensional que é dada ao Blockchain. O autor enfatiza que a partir do contexto de sua implementação, o entendimento dessa tecnologia pode ser alterado.

Swan (2015), demarca três categorias de evolução do Blockchain:

- **Blockchain 1.0:** aplicações em criptomoedas, como Bitcoin.
- **Blockchain 2.0:** usos relacionados a contratos de todo o tipo, que vão muito além de transações em dinheiro. Nessa utilização podem ser realizados contratos relacionados a ações, empréstimos, hipotecas, títulos e contratos inteligentes;
- **Blockchain 3.0:** categoria que compreende as aplicações que vão além dos usos mencionados anteriormente. Nesta, destacam-se as áreas governamentais, de saúde, ciência, literatura, cultura e artes.

Em tradução literal, como já se mencionou, Blockchain significa “cadeia de blocos”. Em um primeiro momento, tal tradução pode não ser muito esclarecedora, mas, por trás dela, pode-se basicamente entender o princípio estrutural da tecnologia, pois seu funcionamento ocorre por meio de blocos de registros.

Para elucidá-lo, Antonopoulos (2014) define um bloco como um contêiner de dados estruturados que agrega as transações para inclusão em seu registro de Blockchain. Para fins de generalizar o seu uso para fora das suas aplicações comumente ligadas às finanças, entende-se transações como “fatos”, em concordância com o conceito de bloco, apresentado pelo CPQD ([2017?], p. 7): “é um conjunto de fatos, geralmente em um número fixo predefinido”.

Fato é um termo mais abrangente que será usado para englobar todos os usos compreendidos neste trabalho, significando transações financeiras, bem como um programa de computador (também denominado contrato inteligente), qualquer conteúdo digital, como um documento, ou até um determinado conteúdo desse documento (CPQD, [2017?]).

A junção de vários blocos, de modo encadeado, forma a denominada cadeia de blocos. Os blocos presentes nessa cadeia seguem uma lógica matemática e não são independentes, pois dentro da sua estrutura (abordada na seção 2.2.2) há o uso da função *hash*, organizado de forma que sempre o último bloco adicionado possua o *hash* do bloco anterior. Sendo assim, não é possível desvinculá-los.

A estrutura do Blockchain tem, nesse sentido, pilares fundamentais (Braga, [2017?]):

- **Segurança:** sua estrutura garante o que, segundo Stalling (2015), são os mais importantes princípios de segurança de computadores: integridade, confidencialidade e disponibilidade.
- **Arquitetura descentralizada:** os registros não estão armazenados em um servidor, sendo distribuído entre diversas máquinas;
- **Integridade dos dados:** devido ao encadeamento de cada bloco adicionado ao hash do bloco anterior, qualquer tentativa de modificação de um bloco mudará a estrutura dos demais blocos.
- **Imutabilidade:** visto que, por ter uma estrutura ordenada de forma cronológica, nenhum dado adicionado pode ser apagado ou alterado do seu bloco, tornando-se também histórico temporal de tudo o que foi realizado.

Analisando algumas definições, agora sobre a tecnologia em si, percebe-se que Antonopoulos (2014) define o Blockchain conforme a sua estrutura de funcionamento, entendendo-o como uma lista de blocos de transações que se ligam entre si de forma ordenada e cronológica, de modo que um bloco se refira ao seu anterior (Figura 8).

O autor, em determinado momento, também nos ajuda a visualizar de outra forma: como uma pilha vertical de blocos sobrepostos uns aos outros, em que o primeiro bloco serve como a base da pilha. Nessa analogia ainda podemos compreender a relação de distância dos blocos, sendo a base o primeiro registro.

Outras definições interessantes aparecem com Mougayar (2017), que define o Blockchain de acordo com suas capacidades técnicas, corporativas e legais:

- **Técnica:** é uma base de dados back-end<sup>4</sup> que funciona por meio de registros distribuídos e possibilitam que se realizem, abertamente, inspeções.
- **Cooperativa:** rede de troca de fatos entre partes que dispensa a assistência de intermediários.
- **Legal:** funciona como um mecanismo de validação, não exigindo apoio de intermediários

Um terceiro conceito para ser discutido é o apresentado pelo *Institute of International Finance* (2015), que o define como um novo tipo de sistema de consenso distribuído, que permite transações rapidamente validadas e mantidas com segurança por meio de criptografia, poder computacional e usuários de rede.

Todos esses conceitos, apesar de muito distintos uns dos outros, estão relacionados a aspectos presentes na tecnologia e, sendo assim, também demonstram suas diversas possibilidades. É possível observar, por exemplo, na definição apresentada por Mougayar (2017), uma luz quanto aos benefícios do Blockchain.

Esses benefícios são mais claros ao se examinar a série de capacidades técnicas dessa tecnologia, identificados nos negócios que a utilizam. Braga ([2017?]) aponta as seguintes propriedades técnicas:

- **Atualidade:** há a atualização periódica da base, com autenticidade e legitimidade, em curto espaço de tempo;
- **Imutabilidade:** a base nunca é alterada, funcionando de modo incremental e por consenso das partes;
- **Irrefutabilidade:** uma vez que o registro é validado e distribuído para todos os nós da rede, o autor não consegue mais negá-lo;
- **Prevenção contra duplicação:** garante que não haja registros duplos. Essa propriedade é útil, por exemplo, como uma solução para gastos duplos em plataformas como as criptomoedas;

---

<sup>4</sup> “Front-end e back-end são termos usados para caracterizar interfaces de programas e serviços relativos ao usuário dessas interfaces. Uma aplicação front-end é aquela que interage diretamente com o usuário, o primeiro contato que ele tem com o programa. Já uma aplicação back-end trabalha indiretamente no suporte dos serviços de front-end, normalmente se comunicando com a fonte desses serviços, o server.” (BATTISTELLI, [2017?])

- **Transparência:** todos os registros disponíveis estão acessíveis para todos os nós da rede, bem como para softwares clientes que possuem acesso só para leitura (essa propriedade pode ser adaptada conforme o tipo de permissão);
- **Visibilidade pública:** todos os nós têm acesso à rede e podem verificar sua legitimidade;
- **Descentralização:** uma vez que todos os nós são coproprietários, é mantida uma cópia da rede e todos contribuem para a atualização das outras cópias;
- **Disponibilidade:** quando alguns nós não estão disponíveis, isso não impede o funcionamento da rede;
- **Desintermediação:** propriedade emergente nas aplicações do Blockchain, geralmente elimina intermediários nas integrações entre sistemas, simplificando processos.

Os conceitos apresentados até então têm o propósito de definir o que é o Blockchain, na sua essência. Para se entender por completo a tecnologia, bem como estimar seu potencial, faz-se necessário se debruçar em aspectos de sua estrutura básica, de suas aplicações e perspectivas.

### 2.2.1. Surgimento, principais aplicações em uso e expectativas

Apesar de hoje mais conhecido, o surgimento do Blockchain se deu a partir de uma aplicação chamada *Bitcoin* – à época pouco se sabia ou se falava sobre esse assunto (GUPTA, 2017). Percebendo que essa tecnologia poderia ser separada da moeda e ser utilizada em diversos tipos de cooperações, nasce o interesse pelo Blockchain.

A *Bitcoin* é uma moeda digital que funciona de modo descentralizado (*peer-to-peer*) e sem a necessidade de um intermediador ou autoridade central, como um banco (ULRICH, 2014). É importante ressaltar que apesar de ser a moeda digital com maior popularização, essa veio como uma evolução de iniciativas como *E-gold*, de 1995; *Webmoney*, de 1998 e *Liberty Reserve*, de 2006. As divergências entre elas

estão fundamentalmente na descentralização, controle por parte dos usuários e ausência de intermediários ou entidade central – presentes na Bitcoin (COINDESK citado por RUSSIANO, 2016).

Para se entender com mais clareza o que é o princípio da Bitcoin, e conseqüentemente do Blockchain, faz-se necessário voltar a 2008, ano em que foi publicada a pesquisa “*Bitcoin: A peer-to-peer Electronic Cash System*”. Nessa pesquisa, o autor, que se utiliza do pseudônimo Satoshi Nakamoto, apresenta os princípios e explica o funcionamento da nova moeda digital desenvolvida por ele. Nessa ocasião, tem-se a primeira aplicação conhecida da tecnologia Blockchain, caracterizando, assim, seu surgimento.

Em resumo, além de fornecer as informações conceituais já apresentadas anteriormente, a pesquisa de Nakamoto (2008) discorre sobre os seguintes pontos:

- Define a Bitcoin como uma versão de dinheiro eletrônico que permite pagamentos online de uma parte para outra, sem intermediadores.
- Esclarece que uma terceira parte, que impediria a realização de gastos duplos, não é necessária.
- Propõe, como solução dos gastos duplos, o uso de uma rede *peer-to-peer*.
- Tal rede registra as transações com uma marca temporal, criptografa-as em uma cadeia contínua baseada em um modelo de prova-de-trabalho. Desse modo, é criado um registro único e que não pode ser alterado, caso não seja realizada uma outra prova-de-trabalho.
- A cadeia mais longa não serve somente como uma comprovação de eventos testemunhados, mas também comprova a existência de um poder computacional por trás dos registros, o que garante uma maior segurança.

Mougayar (2017), entendendo a importância de tal pesquisa, a compara com a criação da primeira página *World Wide Web* (WWW), em 1990, desenvolvida por Tim Bernes-Lee. Em tal ocasião, segundo relata Mougayar, Bernes-Lee escreveu: “Quando conectamos informações na Web, nos possibilitamos descobrir fatos, criar

ideias, comprar, vender coisas e criar novas relações em uma velocidade e escala inimagináveis na era analógica”.

Percebe-se que tal previsão foi totalmente concretizada no decorrer dos anos posteriores, transformando o nosso modo de vida no âmbito individual, a nossa sociedade, as instituições, governos e modelos cooperativo. Mougayar (2017) visualiza o surgimento da Bitcoin com mesmo grau de importância dado surgimento da Web, entendendo que, assim como os primórdios da Web, a Bitcoin surge como uma pré-ciência que pode desenvolver-se de diversas maneiras possíveis, influenciando o mundo.

Em relação ao funcionamento da Bitcoin, Felix (2015), conforme citado por Russiano (2016), compara a facilidade de realizar uma transação a de enviar um e-mail. Sendo que para se registrar na rede somente é necessário realizar o *download* do programa de computador e criar uma carteira online em um site especializado. Com o registro realizado, o usuário possui duas chaves: privada, utilizada para autenticar transações e uma pública para funcionar como localizador de transações. Ambas estão disponíveis nessa carteira.

Na Bitcoin, para o usuário realizar uma transação, há a necessidade da chave pública do favorecido. Essa chave funciona como uma espécie de endereço da carteira. A autenticação dessa transação é realizada por meio da chave privada, funcionando como um tipo de senha validadora. Após a realização da transação, como prova de veracidade do processo, ambas as chaves públicas (do fornecedor e do favorecido) estão disponíveis ao público. Desse modo há um maior controle sobre as fraudes e duplicações de moedas (BROUGHTON, 2016 citado por RUSSIANO, 2016).

A partir da *Bitcoin*, que instaurou o modelo básico de Blockchain e criptomoeda, surgem outros negócios (CPQD, [2017?]):

- **Ethereum:** considerada uma evolução do Bitcoin, essa plataforma foi proposta em 2013 e lançada em 2015. Foi criada para funcionar no âmbito de contratos inteligentes. Tais contratos são executados por meio de uma moeda própria denominada “ether”. Hoje é uma das plataformas mais utilizadas em projetos pilotos, tendo sido adotada em iniciativas desenvolvidas por empresas como Microsoft e Santander.
- **Hyperledger:** plataforma criada para ambientes empresariais. Seu funcionamento, apesar de ser de código aberto, ocorre por meio de um P2P

privado. Suas aplicações são variadas, sendo menos voltadas para o uso de criptomoedas. Promove aplicações baseadas em contratos inteligentes. Atualmente sua gestão é realizada pela Linux Foundation e possui 81 membros.

Sendo essas três iniciativas pioneiras que hoje servem como base para diversos aprofundamentos, outras entidades de âmbito público e privado também voltaram os olhos para explorar essa possibilidade.

#### **2.2.1.1. Principais iniciativas**

Sabe-se que para a adoção de uma tecnologia que traz mudanças significativas em estruturas tradicionais, comumente a governança realiza diversos debates e estudos para analisar a sua viabilidade e benefícios. Decorrente do sucesso da Bitcoin, diversos esforços surgem para debater e visionar usos em serviços. Exemplo disso é a realização investimentos, por parte de governos de todo o mundo, para desenvolver aplicações baseadas em Blockchain. Desses estudos, destacam-se:

- **Comunidade europeia:**
  - Em 2017, o Parlamento Europeu realizou diversos estudos sobre como o uso do Blockchain pode transformar vidas (BOUCHER, 2017).
  - Reino Unido: Matthew Hancock, Ministro de gabinete, em 2016, anunciou o início dos estudos sobre o Blockchain, com o intuito de melhorar a distribuição do dinheiro do contribuinte. Segundo sua visão, se um governo não acompanha a tecnologia, está aquém das capacidades de fornecer serviços aos cidadãos (REINO UNIDO, 2016).
- **Estados Unidos:** parece ser o país com maior avanço nos estudos sobre Blockchain. Iniciativa de diversos ramos governamentais já podem ser vistas. Setores como o Comando de Pesquisa Médica e Material do Exército, Administração de alimentos e drogas e o Comando de Transporte

do Departamento de Defesa, por exemplo, já demonstraram interesse em utilizar a tecnologia (DELAHUNTY, 2018)

- **América latina:** em abril de 2018, o governo do Chile anunciou o uso de uma aplicação baseada em Blockchain para registrar dados e estatísticas no setor de energia (ZOGBI, 2018).
- **Brasil:** em 2017, a Comissão de Fiscalização Financeira e Controle da Câmara dos Deputados realizou uma audiência pública com o objetivo de debater um sistema de pagamentos baseado em Blockchain, que já foi objeto de estudo realizado pelo Banco Central (BRASIL, 2017).

Mais avançadas que os estudos realizados por governos, existem variadas pesquisas de outros setores da sociedade que também propõem a utilização de Blockchain em diversas áreas. São aplicações que passam pelo setor automotivo, elétrico, varejo, saúde e assistência médica, e até por cidades, prédios e residências inteligentes. Dessas iniciativas, destacam-se (RIBEIRO, [2017?]):

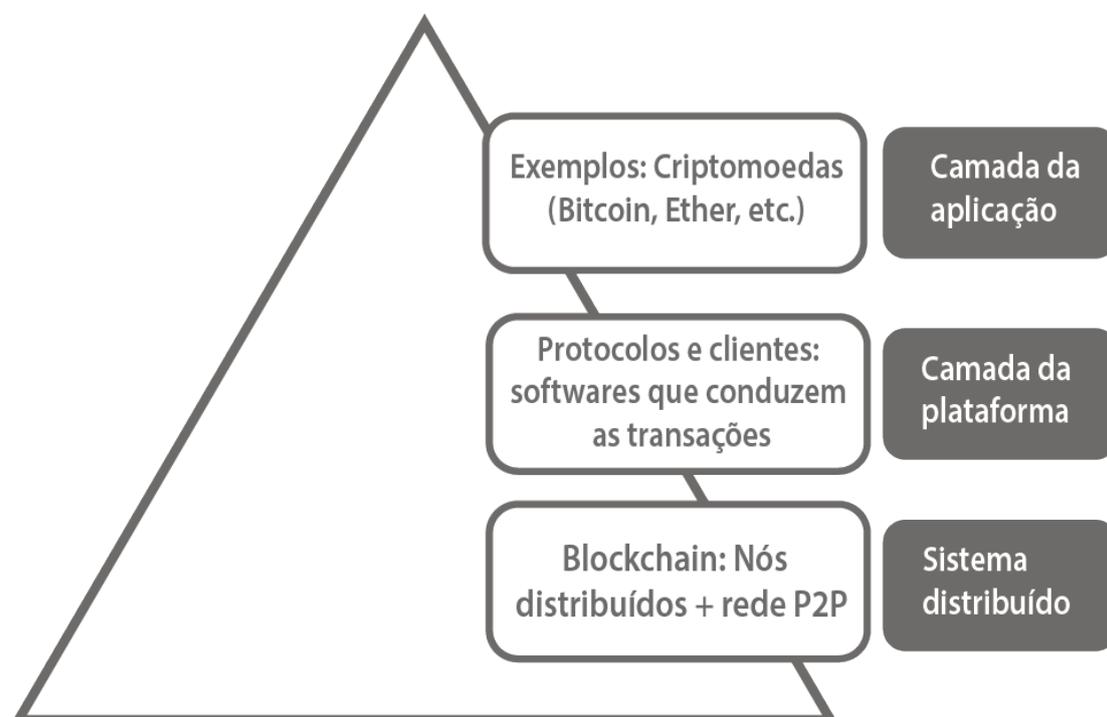
- **Cadeia de suprimentos:** processos realizados desde o plantio ou extração da matéria prima até a chegada do produto ao consumidor são, na maioria das vezes, informações obscuras. Algumas empresas, em sua maioria do ramo da alimentação, já disponibilizam para seus clientes dados sobre toda a cadeia de processos que o produto percorreu, muitas vezes mencionando a data, hora e até condições. Apesar de já se parecer um problema solucionado, em que somente se espera a disposição das empresas para adoção, eles, hoje, não são confiáveis o suficiente para realizar ações automáticas, de forma concreta. Com a utilização do Blockchain, alguns desses problemas seriam solucionados, principalmente quanto ao controle de acesso e disponibilização das informações entre os atores responsáveis pelos processos. Tudo isso funcionaria de modo contínuo, em tempo real, e os dados estariam armazenados de forma segura, simples e mais eficiente do que métodos habituais.
- **Telecomunicações:** com investimento das principais operadoras mundiais, atualmente essa aplicação já é uma realidade. Seus usos estão em grande parte voltados para a utilização de contratos inteligentes que, por exemplo,

poderiam trazer serviços, como implementações de bases de dados para autenticação de usuários em *roaming*; pagamentos e autenticação em *Wi-Fi* públicos; autenticação entre dispositivos, aplicativos e organização. Com isso, almeja-se reduzir os custos e ofertar serviços digitais a preços mais competitivos.

- **Ciência:** nessa área tem-se, como citado na introdução deste trabalho, duas plataformas pioneiras e ainda em fase de testes, que se destacam quando ao uso do Blockchain: Pluto e Sciencerooot. Observando suas funções, é possível notar bastante similaridade; ambas se propõem oferecer um sistema colaboração e publicação científica. O funcionamento é próximo à uma rede social. Os cientistas possuem um espaço de publicação de suas descobertas científicas e de todos os dados da pesquisa, que são disponíveis, de forma aberta, para uso, o que facilita uma análise mais precisa dos dados e a reprodução da pesquisa. Todas as publicações ainda são avaliadas pelos próprios membros das plataformas. Há ainda a possibilidade de comentar e avaliar as publicações de outros cientistas. O cientista e o avaliador recebem recompensas pelos seus trabalhos, o que dá um aspecto de gamificação nas plataformas. Por fim, pelo uso do Blockchain, tudo é realizado de forma aberta e sem o controle de nenhum indivíduo ou grupo. (PLUTO, 2018; GÜNTHER; CHIRITA , 2018).

### 2.2.2. Um olhar sobre a estrutura do Blockchain

Segundo Braga ([2017?]), uma aplicação do Blockchain é composta por três camadas: a primeira é o sistema distribuído, equivalente à estrutura básica, responsável pela implementação da rede P2P e suas funcionalidades necessárias, como método de consenso, armazenamento da rede e protocolos de comunicação ponto a ponto; na segunda, tem-se os serviços de apoio e infraestrutura, normalmente associados à camada de plataforma, responsável pelo desenvolvimento de aplicações de segurança, como a criptografia, segurança dos dados, disponibilidade dos nós na rede, gestão de identidade etc; por fim, na terceira camada, temos uma camada de aplicação, que é formada pela lógica de negócios e contratos inteligentes que assegura a implementação.



**Figura 7:** Camadas tecnológicas do Blockchain  
**Fonte:** Adaptado de Braga ([2017?])

Nesta seção se inicia uma abordagem teórica básica e geral sobre a estrutura do Blockchain. Com base nos aspectos descritos acima, será elucidado o funcionamento da tecnologia de acordo com os seus elementos técnicos. Algumas

das informações dispostas neste capítulo são fundamentadas na estrutura específica da Bitcoin, como modo de ilustrar uma aplicação completa.

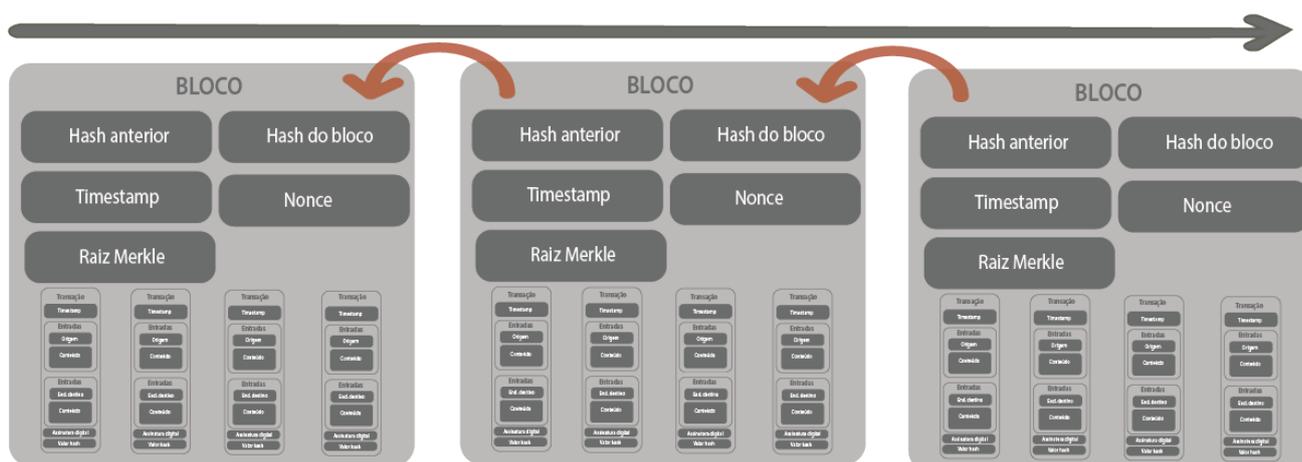
### 2.2.2.1. Cadeia de blocos

O Blockchain está estruturado na forma de blocos encadeados. A principal característica dessa estrutura é que somente a inclusão de novos blocos é aceita, nunca a remoção ou a modificações deles. Esse modelo torna a coleção de blocos sempre crescente, garantindo um registro histórico de todas as transações adicionados ao bloco, de forma permanente (CPQD, [2017?]).

O funcionamento mencionado acima se torna possível pela estrutura dos blocos, que possuem metadados que garantem o encadeamento em ordem cronológica de todas as transações adicionadas ao bloco. A estrutura de um bloco possui dois principais elementos: cabeçalho e o registro da transação.

O cabeçalho consiste em um conjunto de seis metadados (BRAGA, [2017?]):

- **Hash do Bloco anterior:** que garante a conexão entre os blocos e, conseqüentemente, permite a detecção de alterações em qualquer ponto do Blockchain;
- **Hash do bloco:** hash obtido por meio da árvore Merkle;
- **Timestamp:** que registra data e hora exata em que cada bloco foi adicionado;
- **Nonce:** número aleatório único que na Bitcoin é utilizado na validação dos blocos;
- **Raiz Markle:** realiza um resumo de todas as transações adicionados do bloco, gerando o *hash* da raiz da árvore (que se torna o *hash* do bloco).

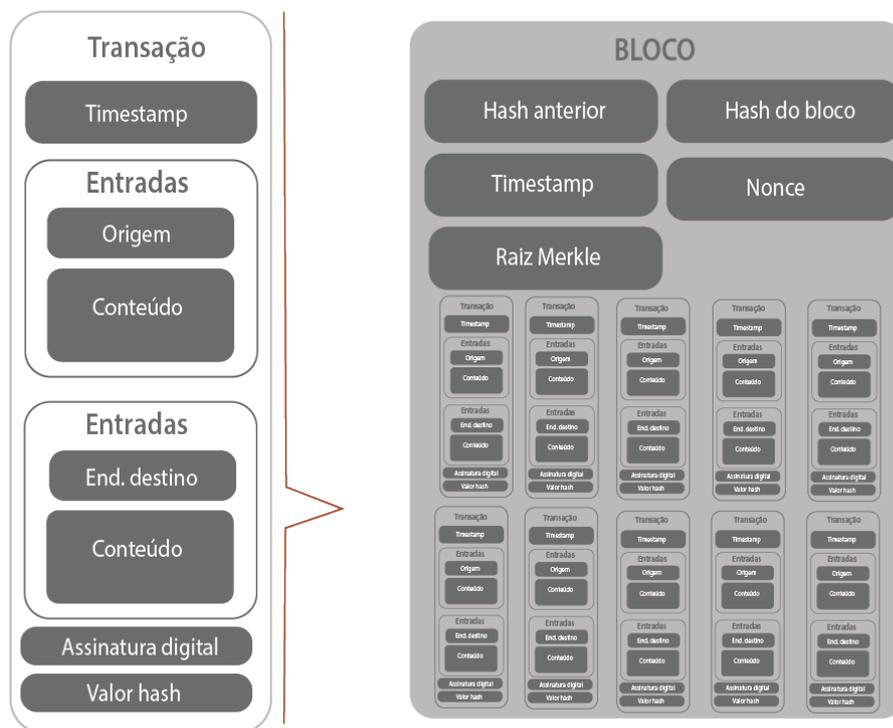


**Figura 8:** Cadeia de blocos e representação de sua estrutura interna  
**Fonte:** Adaptado de Braga ([2017?])

As transações, assim como no cabeçalho, também são encadeadas, possuindo, assim como o bloco, uma estrutura própria, definida no desenvolvimento da aplicação. Por meio das aplicações em criptomoedas, Braga ([2017?]), as exemplifica com os seguintes elementos:

- **Timestamp:** dados da ocorrência da transação;
- **Identificador da transação anterior (*hash*):** segue o mesmo princípio dos blocos;
- **Valor de entrada:** dados referentes ao envio da transação;
- **Valor de saída:** dados referentes ao recebimento da transação;
- **Endereço de destino:** quem vai receber a transação;

- **Assinatura digital:** autenticação de autoria feita com a chave privada do emissor.



**Figura 9:** Estrutura de uma transação  
**Fonte:** Adaptado de Braga ([2017?])

A quantidade de transações presentes em um bloco, normalmente, possui um número fixo predefinido.

Por ser mantido por uma rede P2P, ou seja, sem uma base de dados central ou preferencial para armazenamento, todos os nós possuem uma cópia da base. Assim, todas as transações registradas na base são distribuídas em cópias, garantindo a integridade e consistência aos dados que, por sua vez, são sincronizados por meio de protocolos de consenso.

### 2.2.2.2. Validação dos blocos

Ao ser realizada uma transação, ela passa por processos predefinidos que conferem sua validade. Ao ser validada, as transações estão prontas para serem incorporadas ao bloco e ficam temporariamente em uma estrutura chamada *pool*. Na *pool*, o nó escolhe as transações que serão inseridas ao bloco e as submetem ao processo de criação da árvore de Merkle, seguidos pela execução do algoritmo de consenso, resultando na validação do bloco. Ao se ter um bloco formado, todos os nós da rede são informados, iniciando o processo de autenticação pelos demais nós. Na Bitcoin esse processo é chamado de mineração (CPQD, [2017?]).

Em um sistema distribuído, os nós decidem consensualmente quanto a ordenação em que os registros são inclusos nas bases. Sendo assim, a maioria entra em consenso quanto a essa ordenação. É importante ressaltar que consenso não exige a unanimidade; sendo assim, as decisões realizadas são determinadas pela maioria (BRAGA, [2017?]).

Segundo Mougayar (2017), o consenso descentralizado vem como uma quebra do paradigma da conformidade unificada, que é quando uma base de dados central é responsável por regular uma transação. Na validação por meio de consenso temos a característica da transferência da autoridade e confiança para uma rede virtual descentralizada, o que assegura que os nós registrem transações continuamente e sequencialmente, em blocos.

O algoritmo de consenso pode ser considerado o núcleo do Blockchain. Esse conceito representa o método ou protocolo utilizado para validar um registro da base. Já existem alguns métodos de consenso aplicados a diversas finalidades de sistemas. O método adotado pela *Bitcoin*, *Proof-of-Work* (POW), é um desafio criptográfico que visa garantir que o nó realizou certa quantidade de trabalho. Outro algoritmo conhecido é o *Proof-of-stake* (POS), utilizado pelo *Ethereum* (MOUGAYAR, 2017).

Como esclarece Mattila (2016), diante das diversas arquiteturas de consenso disponíveis atualmente, não é possível atribuir recomendações de padrões aplicados a um Blockchain qualquer, trazendo a necessidade de um estudo mais a fundo sobre qual algoritmo usar de acordo com as necessidades do sistema.

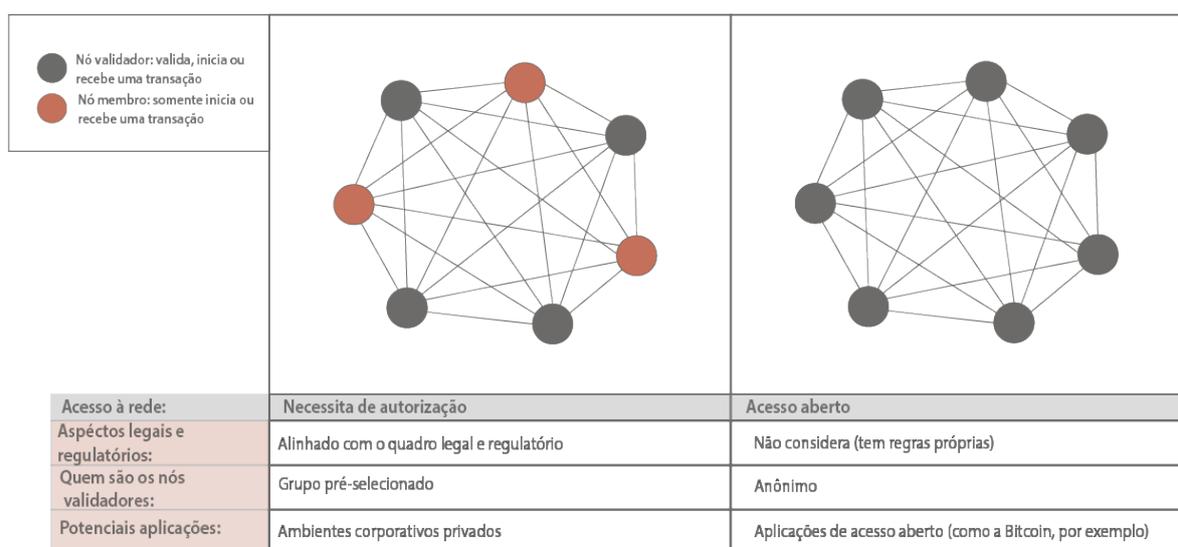
Esses algoritmos também devem ser determinados conforme os tipos de permissões possíveis para quem controla ou participa do processo de validação de uma transação. Entre os tipos de permissões de validações apontados por Mougayar (2017), destacam-se:

- **Pública:** permite que qualquer interessado se torne um validador, como POW e POS;
- **Privada:** utiliza uma chave secreta para estabelecer quem é autorizado a validar.

Já de início podemos perceber que a imutabilidade do Blockchain e boa parte da sua segurança provém da estrutura de encadeamento de dados. Isso acontece porque constantemente novos dados, e conseqüentemente novos blocos, são adicionados. Logo, para se alterar um dado disposto em um bloco qualquer, seria necessário alterar todos os blocos posteriores, o que exige um grande poder computacional.

### 2.2.2.3. Tipos de Blockchain

Conforme Braga ([2017?]), hoje podemos classificar o Blockchain em dois grupos: redes públicas (ou de acesso aberto) e as redes privadas (ou de acesso autorizado). Essas classificações reproduzem as permissões dos nós: na rede pública, todos os nós validam, iniciam ou recebem as transações; na rede privada, alguns nós realizam essa ação, e outros possuem permissão somente para iniciar ou receber essas transações. Por meio da Figura 10, pode-se observar outras características desses grupos.



**Figura 10:** Tipos de Blockchain  
**Fonte:** Adaptado de Braga ([2017?])

Vale ressaltar que outros autores ainda inserem mais dois tipos de classificações, além das já apresentadas. Segundo a SAP ([2018?], p.1), os Blockchains semiprivados são “controlados por uma única organização que determina quem pode ler e enviar transações e participar do processo de consenso”, já sobre os consórcios de Blockchain, diz que “o processo de consenso é controlado por um grupo predefinido – de corporações, por exemplo. O direito de ler e enviar transações para o Blockchain pode ser público ou restrito aos participantes”.

### 2.2.3. Principais desafios da tecnologia

As principais barreiras quanto ao uso do Blockchain têm relação com seus diversos desafios e dúvidas. Mougayar (2017), observando tais questões, esclarece que assim como os primeiros anos da Internet, entre 1994 e 1998, o Blockchain também será mal interpretado e bastante rejeitado até ser aceito. Porém, de acordo com o próprio estudo do autor sobre os maiores problemas da tecnologia, percebemos que ainda há bastante empecilhos, o que faz questionar tamanha convicção quanto ao seu sucesso.

Mougayar (2017) define esses desafios quanto às suas espécies, conforme o quadro 1:

<p style="text-align: center;"><b>TÉCNICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Infraestrutura de ecossistemas subdesenvolvida</li> <li>- Falta de aplicações maduras</li> <li>- Escassez de desenvolvedores</li> <li>- Escalabilidade</li> <li>- Prós e contras em comparação aos bancos de dados</li> <li>- Privacidade</li> <li>- Segurança</li> <li>- Falta de padrões</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>MERCADO/NEGÓCIOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualidade das ideias de projeto</li> <li>- Capital de risco</li> <li>- Massa crítica dos usuários</li> <li>- Inclusão de novos usuários</li> <li>- Poucas empresas com casos de sucesso</li> <li>- Insuficiência de indivíduos qualificados</li> <li>- Problemas de custos</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>COMPORTAMENTAL/EDUCACIONAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de compreensão do valor em potencial</li> <li>- Visão executiva limitada</li> <li>- Confiança na rede</li> <li>- Poucas boas práticas</li> <li>- Fator de baixa usabilidade</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>LEGAL/REGULATÓRIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulamentações pouco claras</li> <li>- Interferências governamentais</li> <li>- Excitação momentânea</li> </ul>

**Quadro 1:** Principais desafios do Blockchain  
**Fonte:** Adaptado de Mougayar (2017)

Os obstáculos apresentados acima esclarecem muito sobre situação atual do Blockchain como uma tecnologia em evolução, sendo necessário uma solução de seus problemas técnicos para que assim, conseqüentemente, os outros desafios sejam solucionados.

Claramente alguns pontos são autoexplicativos; já outros, diante do contexto desta pesquisa, não necessitam ser mais esclarecidos. Logo, dos pontos elucidados, no âmbito desse trabalho, destacam-se (MOUGAYAR, 2017):

- **Desafios técnicos:**

- **Escalabilidade:** atualmente, pela sua característica de constante crescimento, que exige uma carga computacional grande, tanto para o armazenamento dos dados quanto para a validação, o Blockchain tem a escalabilidade como um dos seus maiores desafios. Definir a capacidade técnica de um sistema em constante crescimento, faz com que seja necessário antever o problema, tornando sua construção dificultosa, em muitos casos, já que é inviável construir um sistema para, por exemplo, um milhão de usuários, enquanto ainda está servindo somente mil.
- **Prós e contras em relação aos bancos de dados:** entender as capacidades dos bancos de dados e do Blockchain é uma capacidade chave para o desenvolvimento de aplicações. Deve-se encontrar equilíbrio com o intuito de usar os benefícios derivados de cada tecnologia.
- **Privacidade:** no Blockchain público, todas transações, incluindo o valor (no caso de uma aplicação de criptomoedas) e o endereço de destino e origem são públicos e transparentes. Isso significa que qualquer um pode visualizar, o que aconteceu no sistema. Tal capacidade pode ser vantajosa ou não de acordo com o sistema. Vale ressaltar que é possível obter confidencialidade ao se criptografar essas informações. No Blockchain privado, tal situação não ocorre.
- **Segurança:** as dúvidas quanto a segurança partem principalmente em relação ao método de validação por consenso. Empresas como bancos ainda estão receosas em casos de

eventuais falhas em uma validação de Blockchain Público. Com base nesses problemas potenciais, investimento nessa tecnologia torna-se mais demorado.

- **Desafios de mercado/negócio:**

- **Inclusão de novos usuários:** talvez seja necessária uma reeducação dos usuários para uso nesse novo tipo de sistema, o que é um ponto de atenção, visto que muito usuários não conseguem lidar com o aumento da complexidade de um sistema.
- **Problemas de custo:** apesar de ser uma tecnologia gratuita, em muitos casos, via licença de código aberto, o desenvolvimento de aplicações Blockchain trará custos adicionais, assim como qualquer sistema de informação. Um ponto não trazido pelo autor é a necessidade de encontrar desenvolvedores familiarizados com a tecnologia, o que pode tornar os custos mais caros. Vale recordar também as questões de escalabilidade, vistas anteriormente.

- **Desafios legais/regulatórios:**

- **Regulações pouco claras:** pela sua pouca idade, essa tecnologia ainda não possui regulações que são necessárias visto o impacto trazido nas áreas que a utilizarão, já que tem-se uma mudança no que envolvem os controles centrais presentes há muito tempo na sociedade.

### 2.3. A comunicação científica

No nosso dia a dia, observando, lendo, ouvindo e experimentando, podemos gerar muitas conclusões que nem sempre correspondem à realidade. Essas informações correspondem ao conhecimento popular, que não passam por uma análise metodológica para garantir a confiabilidade. Por outro lado, a ciência, que tem entre as suas maiores características a confiabilidade, analisa os fenômenos por meio de regras definidas e controladas, o que aumenta a probabilidade da credibilidade dessa informação. A informação gerada desses processos é denominada informação científica.

A informação científica é o resultado de um processo muito mais complexo, que segundo Garvey e Griffith (1979) representa o conjunto de atividades, realizadas pelo pesquisador, associadas à produção, disseminação e uso de um conhecimento científico. Tais atividades constituem a comunicação científica, termo cunhado por John Bernal, no século XX (GOMES, 2013).

Roosendaal e Geurts (1997) citado por Leite (2011, p.33) esclarecem que a comunicação científica possui as seguintes funções:

- O registro da autoria que assegura o reconhecimento e a prioridade na propriedade sobre um determinado avanço ou descoberta científica;
- A certificação, que permite serem assegurados o controle da qualidade e a validade de determinado conhecimento, por meio do processo de avaliação pelos pares;
- A ciência, por parte dos pesquisadores, daquilo que existe, que possibilita a disseminação e acessibilidade às pesquisas e que os pares de uma determinada comunidade científica estejam cientes ou atentos a novas descobertas; para tanto, os resultados de pesquisas são comunicados por meio de livros e artigos em conferências e periódicos, àqueles que partilham o interesse pelo mesmo tópico;
- O armazenamento, que guarda e preserva o registro do conhecimento científico por muito tempo. Os autores observam que editores e bibliotecas estão criando repositórios eletrônicos de informação e permitem a distribuição desse acervo por uma grande variedade de meios eletrônicos.

Pode-se perceber que as funções que envolvem a comunicação científica estão relacionadas com o próprio fazer científico. A ciência, para o seu funcionamento, envolve um ciclo que passa pela produção, que compreende resultados de pesquisas passadas; validação, que atribui a credibilidade à pesquisa e a distribuição, que possibilita o acesso e auxilia na produção de outras pesquisas.

Sendo assim, entende-se que a própria comunicação na ciência parece ser um

fator muito importante nesse sistema. Garvey e Griffith (1979) pontua que a comunicação dos resultados da pesquisa é uma característica essencial para a própria ciência, pois por meio de sua prática, a produção científica e os pesquisadores recebem visibilidade e, em alguns casos, a credibilidade social do seu produto.

Sobre esse aspecto, para Leite:

Tais atividades somente são viabilizadas por que, subjacente à pesquisa propriamente dita, são promovidos fluxos de informação de modo que, mediante processos e estruturas de comunicação científica, é possível que pesquisadores acessem, usem, gerem e disseminem informação continuamente e em uma dinâmica cíclica (2011, p.30).

Observando a estrutura da comunicação científica, que envolve diversos elementos, temos, então, seus três pilares: a pesquisa – relacionada com a elaboração de uma investigação, por meio da comunicação entre pesquisadores; o sistema – entidades que garante o fluir das informações, como editoras, bibliotecas, agencias de financiamento; e a sociedade em si, quando há o compartilhamento do conhecimento científico (GOMES, 2013).

Esses pilares possibilitam o entendimento da participação de diversos agentes nesse ciclo de realização da ciência, que por sua vez funcionam e possuem objetivos próprios. Por ser constituída por diversas atividades, que agregam, por exemplo, a fase da concepção de ideia, produção da pesquisa e sua disseminação, a comunicação científica é um objeto que contém muitas especificidades, que vão além de sua breve definição (GARVEY; GRIFFITH, 1979).

O processo para se chegar até o que temos hoje foi longo, e como esclarecem Mueller e Caribé (2010), a comunicação científica deve ser entendida de acordo com o contexto de cada época. Logo, para compreendê-la, em questões evolutivas, se faz necessário um olhar sobre o breve histórico do fazer científico ao longo dos últimos séculos, mais especificamente, entre os séculos XVI – em que ocorrem os primeiros passos da ciência como conhecemos hoje, e o século XX – marcado pelo desenvolvimento tecnológico, responsável pelo seu escalonamento.

### **2.3.1. Aspectos históricos do desenvolvimento da comunicação científica**

A comunicação científica é, hoje, imprescindível para a realização da ciência contemporânea, pois, como aponta Valério e Pinheiro (2008), por meio dela ocorre a legitimação do mundo acadêmico e do conhecimento científico. Porém, não se sabe ao certo quando se deu início das pesquisas científicas, e tal resposta depende de questões como o que entendemos como “pesquisa”? (MEADOWS, 1999).

A ciência, como praticada atualmente, remete às práticas gregas da antiguidade, que, assim como nós, tinham a oralidade e a escrita como os mais importantes meios de comunicação. Realização de discussões acadêmicas e simpósios remetem a tal período; logo, a sociedade grega antiga possui muita influência na ciência como um todo, interferindo, inicialmente, na cultura árabe, e, posteriormente, na Europa Ocidental (MEADOWS, 1999; ALBAGLI, 1996).

Pode-se entender que a ciência se faz necessária para o progresso de qualquer nação, sendo uma pauta importante, pelo seu papel na estrutura política, econômica e cultural. Na conjuntura contemporânea, há a consolidação de meios e instrumentos de propagação de informações científicas, como jornais, revistas e museus. Tais informações já são, muitas vezes, adaptadas de uma linguagem especializada para uma linguagem leiga, um efeito que, segundo Albagli (1996), é uma das características da divulgação científica. Sobre isso, Gomes (2013) considera que a propagação de informações pode ser considerada como o impacto mais importante trazido pela constituição dos modelos científicos atuais.

A divulgação científica refere-se à veiculação de informações científicas e tecnológicas para o público geral. Essa prática vem de diversas iniciativas que culminaram na popularização da ciência. Por outro lado, quando destinadas à especialistas, constitui-se a disseminação da ciência. Esses termos ainda fazem parte de um conceito mais amplo, designado difusão científica (CARIBÉ, 2015).

Porém, na história da humanidade, nem sempre tal acesso foi considerado desejável. Houve tempos em que se prezava pelo sigilo em detrimento do compartilhamento dessas informações. Foram tempos marcados por repressão e preconceitos, em que naturalmente se criou uma cultura secreta de descobertas, uma consequência natural, visto que, até então, as pesquisas eram subsidiadas por ricos

patronos, como a igreja e o governo. Nesse período, mais especificamente durante o Século XVI, muitos cientistas se reuniam secretamente, em uma tentativa de escapar da censura. Frutos dessas reuniões, que ocorriam de forma oral e aberta e que tratavam assuntos científicos, são os modelos de comunicação científica que ocorrem nos tempos de hoje (CAREY, 2013; MULLER; CARIBÉ, 2010).

Nesse contexto, foram fundadas as primeiras academias de ciência, que se espalharam por toda a Europa do século XVII. A desconfiança do governo era constante, logo, adotava-se o que se considerava o meio de comunicação mais seguro: os cientistas que iniciaram as academias se comunicavam por cartas. O motivo de tal escolha se deu pelo seu caráter tido como sigiloso, pois, consideradas como uma correspondência pessoal e comum entre a sociedade, não eram fiscalizadas (MULLER; CARIBÉ, 2010).

Nas reuniões das academias, que evidentemente tinham como escopo assuntos de realizações e descobertas científicas, para manter os membros ausentes informados sobre o que fora discutido, tornou-se hábito produzir registros, servindo como fonte de consulta. O periódico científico também é um instrumento que teve origem nessa ocasião, em que as cartas passaram a ter finalidade de fazer com que a ciência atingisse o maior número de pesquisadores. Como já se sabe, hoje, as reuniões ou encontros científicos e os periódicos são dois dos mais importantes instrumentos de comunicação científica. É importante ressaltar que a ciência praticada nesse período ainda era caracterizada por estar atrelada às investigações filosóficas e que somente no decorrer dos anos se organizou em disciplinas específicas. (MEADOWS, 1999; MULLER; CARIBÉ, 2010).

A partir de então, iniciou-se uma trajetória que alterou os rumos de como a ciência era feita. Essas transformações, ocorridas desde o século XIV, são compreendidas como a revolução científica. As academias passaram a nutrir um profundo interesse pela prática de disseminar os resultados de suas pesquisas. Era desejável a expansão da ciência, e sua divulgação era vista como o melhor meio para tal. Com o surgimento desse novo paradigma, as línguas vernáculas passaram a estar presente nos escritos de conteúdo científico, alterando os padrões vistos até então, em que os textos científicos eram produzidos no idioma Latim, tornando sua leitura

possível somente pelas elites intelectuais, que possuíam conhecimento da língua (ZIMAN, 1981; ALBAGLI, 1996).

O século XVII ainda foi marcado pelo surgimento de diversos periódicos científicos, o que para Gomes (2013) marca as origens da comunicação científica que conhecemos atualmente. Dentre os objetivos do periódico, além da expectativa de lucro dos editores e a convicção da necessidade de um debate coletivo para a criação de novas descobertas, o crescimento de um público desejoso por informação foi o ponto de maior interesse. Esses periódicos, então se tornaram um instrumento que formalizava o processo de comunicação (MEADOWS, 1999). Como elucidam Muller e Caribé (2010), apesar das controvérsias a respeito de qual seria o primeiro periódico científico, diversos autores apontam o *Le Journal des Savants* como a primeira publicação destinada a transmitir informações científicas ao público leigo. Desde então, o periódico científico tornou-se o meio escolhido para comunicação científica, desenvolvendo e consolidando essa atividade.

No século XVIII, surgem as primeiras conferências científicas públicas não universitárias. Nesse século, como aponta Albagli (1996), influenciados pelas possibilidades abertas após primeira revolução industrial, os resultados da ciência começam a tomar uma forma mais direta. Nessas conferências eram ministrados cursos de curta duração ou mais extensos, algumas vezes durando meses. Seus frequentadores, em maior parte, faziam parte da população urbana, que por sua vez tinha muito interesse pelos experimentos demonstrados nessas ocasiões. Instrumentos como microscópios e telescópios tinham a função de demonstrar acontecimentos da natureza, dando às conferências um caráter de entretenimento (MULLER; CARIBÉ, 2010).

Já no século XIX, seguindo os caminhos abertos pela segunda revolução industrial, tem-se uma sociedade consciente da importância da ciência para o progresso material. Temos nesse período uma sociedade caracterizada pela grande difusão da leitura e escrita e, predominantemente, urbana. Semir (2002), analisando a importância desse período, o define como a idade de ouro da divulgação científica, em que houve a coincidência entre o desejo de mostrar e o de saber. Tal avanço, em conjunto com a evolução das técnicas de impressão, teve como resultado a formação do ambiente perfeito para a difusão da ciência.

A informação se tornou a grande paixão da sociedade que podia acessá-la, e os temas de seu interesse passaram a ser discutidos com um olhar científico. Os jornais passaram ser um meio desejado pelos cientistas mais ansiosos em divulgar seus trabalhos, e tais resultados passaram a ser incluídos nesse tipo de publicação. Esse se tornou um canal de ambição entre os pesquisadores, principalmente pela sua rápida publicação e difusão. Futuramente esse interesse passou a vir dos próprios jornalistas também. O ano de 1847, aliás, foi marcado pela abertura, aos jornalistas, das sessões e atas da *Académie des Sciences*. Essa iniciativa, à primeira vista, causou polêmica pois havia alegações de que tal acesso traria descrédito à ciência, porém prevaleceu o princípio da transparência. (MULLER; CARIBÉ, 2010; SEMIR, 2002; ALBAGLI, 1996).

Esse novo formato de ciência foi responsável por fazer com que as disciplinas científicas tomassem um rumo mais específico, se emancipando de aspectos mais gerais, que não fazem parte do seu escopo principal. Os cientistas, então, passaram a estudar dentro de suas especialidades científicas. (MULLER; CARIBÉ, 2010) .

A criação de associações para o progresso da ciência é outro ponto relevante desse século. Acadêmicos, cientistas e leigos se reuniram em associações para desenvolver ações que visam divulgar a ciência por meio da imprensa. O principal argumento era unir a ciência e a sociedade. As associações adotam a estratégia de realização de reuniões anuais em cidades distantes, em que eram apresentadas diversas palestras e conferências dos mais variados temas. Com o passar do tempo, tais reuniões se configuraram como mais um canal de divulgação para a comunidade científica, em que os participantes difundiam suas descobertas (MULLER; CARIBÉ, 2010).

Os progressos que se seguem são marcados pelo surgimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), o que ocorreu ainda no século XIX e se escalonou na metade do século XX. Nesse período houve a revolução na forma de fazer ciência, pois a tecnologia propiciou novos modos de produção, registro, armazenamento e recuperação de informações. As mudanças trazidas foram notadas sobretudo quanto à agilidade na disponibilização, tratamento e acesso às informações, visto que foi influenciada fortemente pelo uso das redes de

computadores. (MUELLER; CARIBÉ, 2010; SOUZA, 2003; SCHWEITZER et al., 2011).

As TICs ainda evoluíram e proporcionaram:

Leitura na tela, anotações, possibilidades de pesquisas, captura de dados, modos de apresentação, arquitetura, armazenamento, recuperação e transmissão. Também melhorou o conhecimento das estratégias, velocidade e exatidão de leitura de leitores, avaliadores, bem como as estratégias de redação dos autores. Ademais, a economia dos produtos e sistemas de informação eletrônica parece ser mais interessante que a dos produtos em papel. (LE COADIC, 2004, p. 102 citado por Schweitzer et al, 2011, p. 90).

Um movimento importante para se mencionar, que trouxe muitas mudanças nos paradigmas de comunicação científica e que tem seus precedentes durante a década de 70 e 80, é o de acesso aberto. Mueller (2006, p. 27), entendendo a importância desse movimento, o considera como “o fato mais interessante e talvez mais importante da nossa época no que se refere a comunicação científica”. O acesso aberto é, segundo Lynch (2003) citado por Costa e Leite (2017, p. 14) “a disponibilização livre e irrestrita dos resultados das pesquisas científicas em texto completo, na Internet”. Seu surgimento ocorreu a partir do descontentamento com a hegemonia das editoras científicas - as principais responsáveis pela divulgação desse tipo de informações.

Até então, havia um cenário em que as editoras científicas comerciais retinham todos os direitos autorais e patrimoniais, cobravam preços abusivos pelo acesso ao periódico e impunham barreiras em pesquisas financiadas por dinheiro público, limitando a circulação do conhecimento científico. Tais preços, por exemplo, em determinado momento, impossibilitaram as bibliotecas universitárias e de pesquisa a permanecerem com suas coleções de periódicos, visto que as demandas dos estudantes só aumentavam, e ano após ano as assinaturas se tornavam mais caras. Esse cenário ficou conhecido como a crise dos periódicos, que ocorreu na década de 1980. Para contornar essa crise, a comunidade científica interessada partiu em busca de alternativas (MUELLER, 2006).

A viabilidade aberta pelas TICs, em expansão nesse período, permitia prever muitas possibilidades. Discussões foram realizadas pela comunidade acadêmica, situação que gerou muitos artigos e iniciativas; entre elas, os periódicos eletrônicos em acesso aberto, que permanecem com a aparência semelhante ao modelo

tradicional, mas com a diferença de serem acessíveis sem pagamento (MUELLER, 2006).

A expressão “acesso aberto” foi utilizada pela primeira vez em uma publicação da *Budapest Open Access Initiative* (BOAI), documento referente a uma reunião realizada em Budapeste no ano de 2001. Essa publicação discute a comunicação científica contemporânea, indicando a importância do acesso aberto e apontando práticas para sua realização.

Entre as recomendações da BOAI, está o:

[...] desenvolvimento de políticas de Acesso Aberto em instituições de educação superior e agências patrocinadoras, o acesso aberto de trabalhos acadêmicos, o desenvolvimento de infraestrutura como os repositórios de Acesso Aberto e a criação de um padrão de conduta profissional para a publicação em Acesso Aberto (2002, p.1, tradução nossa)

Também são discutidas as estratégias recomendadas para a divulgação de documentos produzidos com o intuito de estarem em acesso aberto. Hoje essas estratégias são estruturadas em duas vias: 1) a via dourada, que visa estimular a publicação dos resultados de pesquisas científicas em periódicos científicos eletrônicos de acesso aberto; e 2) a via verde, que objetiva a criação de repositórios digitais que armazenem os resultados de pesquisas científicas e que garantam um sistema alternativo de recuperação de tais documentos (COSTA; LEITE, 2017).

Hoje, tem-se uma comunicação científica caracterizada pelo amplo uso de Sistemas de Informação (SI) que facilitam a propagação de informações de todo o tipo, de forma quase instantânea. Em uma pesquisa, realizada em 2003, que visa descobrir a frequência de uso de meios tecnológicos pela comunidade científica na produção de uma pesquisa, Pinheiro conclui que:

[...] a comunidade de pesquisadores brasileiros parece ter incorporado, no seu cotidiano científico, as tecnologias de rede, na ação de desenvolver pesquisas e gerar conhecimentos, e tem consciência dos impactos decorrentes das redes eletrônicas, favorecendo a expansão das comunidades científicas, facilitando e intensificando a comunicação e ampliando o acesso aos diversos recursos de informação criados na rede (2003, p. 72).

Visto o crescimento da tecnologia desde então, pode-se inferir que essa adoção é hoje infinitamente maior, fazendo-nos até questionar se há a existência de uma comunicação científica sem o uso de tecnologia por partes dos cientistas contemporâneos, visto que essa adoção ocorre em todas as fases da pesquisa.

### 2.3.2. Uma análise sobre as etapas da comunicação científica

A comunidade científica – termo que abrange desde o indivíduo que se dedica a realização da pesquisa, até grupos de cientistas – não é organizada entre si. Isso ocorre pela relação de dependência dessa comunidade com instituições que a financiam (ZIMAN, 1984). Segundo Meadows (1999), ainda é possível identificar que cada área também possui meios próprios de produzir e divulgar seus conhecimentos.

A esse respeito, Gomes enfatiza que:

As peculiaridades de cada área compõem, portanto, uma das forças que interagem com a comunicação científica na contemporaneidade. Interação essa que dependendo do objeto de análise ou do foco de investigação ou mesmo de ação, pode acarretar efeitos benéficos ou maléficos no desenvolvimento científico como um todo (2013, p.11).

Entretanto, como aponta Targino (2000), os seus membros compartilham dos mesmos paradigmas, ou seja, possuem interesses relacionados a uma especialidade, o que torna seus processos de uso e acesso a informações, similares. Em geral, é possível perceber um fluxo comum de informações, o que para Meadows (1999) é percebido em qualquer disciplina.

Para Mueller (2000), o fluxo da comunicação científica é a trajetória percorrida na pesquisa, desde o momento do surgimento das ideias do pesquisador até o cumprimento do seu ponto mais importante – a divulgação formal dos resultados. Espera-se que tais resultados, normalmente registrados em forma de artigo científico, futuramente, possam ser recuperados em uma literatura secundária e, em alguns casos, integrados em um tratado sobre o assunto.

Como produtores e consumidores de informação científica, os cientistas, no momento do desenvolvimento de sua produção, necessitam do uso de variados modos comunicação, que auxiliam na produção e compartilhamento dos seus resultados. Nesse sentido, apresentam-se a comunicação informal e formal.

Entende-se por comunicação informal o uso de canais tidos como efêmeros, normalmente realizada por meio da oralidade, como contatos interpessoais; na verdade, estão nessa categoria quaisquer recursos desprovidos de formalidade, como reuniões científicas e colégios invisíveis. Geralmente são os canais utilizados nos passos iniciais da pesquisa, sendo escolhidos pelo próprio pesquisador. Por possuir

um tipo de informação recente e destinadas a públicos específicos, seu acesso é limitado (MEADOWS, 1999; MUELER, 2000).

A comunicação formal, por outro lado, são os canais de informação de existência duradoura, em geral realizados por meio da escrita, como livros, periódicos, relatórios técnicos e revisões de literatura. É caracterizada pelo seu amplo acesso, possuindo informações mais elaboradas. Utilizada nas fases mais adiantadas da pesquisa, e diferentemente dos canais informais, o destinatário da mensagem tem o papel de selecionar e consultar a pesquisa. (MEADOWS, 1999; MUELER, 2000).

Considerando o avanço significativo das tecnologias de informação, Targino (2000) ainda aponta a presença de um terceiro tipo de comunicação, que agrupa características dos outros meios supracitados: comunicação eletrônica. Esse meio pode ser entendido como a transmissão de informações científicas por meio de recursos eletrônico. Porém, como esclarecido pela autora, muitos estudiosos ainda incluem as comunicações realizadas por meio eletrônico no rol de comunicação informal, como e-mails ou grupos de discussão; ou formal, com os periódicos científicos e obras de referência eletrônicos. Algumas características da comunicação eletrônica, bem como das informais e formais, podem ser observadas na tabela abaixo (TARGINO 2000):

CANAIS FORMAIS	CANAIS INFORMAIS	CANAIS ELETRÔNICOS
Público potencialmente grande	Público restrito	Público potencialmente grande
Informação armazenada e recuperável	Informação não armazenada e não recuperável	Armazenamento e recuperação complexos
Informação relativamente antiga	Informação recente	Informação recente
Direção do fluxo selecionada pelo usuário	Direção do fluxo selecionada pelo produtor	Direção do fluxo selecionada pelo autor
Redundância moderada	Redundância, às vezes, significativa	Redundância, às vezes, significativa
Avaliação prévia	Sem avaliação prévia	Sem avaliação prévia, em geral
<i>Feedback</i> irrisório para o autor	<i>Feedback</i> significativo para o autor	<i>Feedback</i> significativo para o autor

**Quadro 2:** Categorização dos canais de comunicação científica

**Fonte:** Adaptado de Targino (2000)

Os estágios progressivos para a atividade científica, propostos por Lievrouw (1990, 1992), tornam possível uma compreensão geral desse processo e estrutura de

comunicação. Nessa configuração, a pesquisa é dividida em três etapas (citado por CARIBÉ, 2015):

- **Concepção:** nesse estágio, os indivíduos aprofundam suas ideias, trocando uma gama de informações de todo o tipo (científica, social, interesses, conceitos). A comunicação ocorre de modo informal e interpessoal, constituída por conversas de corredor, reuniões em grupo de trabalho, trocas de e-mail. Formam-se grupos de pares colaboradores, professores, estudantes, etc.
- **Documentação:** etapa em que há o compartilhamento de conhecimento predominantemente científico. As relações sociais são reduzidas, limitando a troca de ideias. Nessa etapa ocorre o registro de pesquisas de modo mais preciso. Logo amplia-se o uso de canais formais de comunicação, resultando em capítulo de livros, artigos de periódicos e eventos. A formalidade desse processo gera documentos provenientes de um corpo de pesquisa.
- **Popularização:** Estágio em que se almeja tornar a pesquisa conhecida do grande público. Para isso, tornam-se necessários os intermediários, como jornais e editoras, que têm a função de aproximar os resultados da pesquisa da sociedade.

Outra forma de visualizar as diferentes tarefas realizadas por um pesquisador durante a elaboração da pesquisa é ao observar o ciclo da pesquisa, conforme o modelo proposto pela Associação Internacional de Publicações Científicas, Técnicas e Médicas (STM). Nesse modelo tem-se a pesquisa destrinchada em 4 etapas (STM, 2015):

- **Ideias, descobertas e geração de hipóteses:** referente aos primeiros passos de uma pesquisa. Similar ao estágio de concepção proposto por Lievrouw (1990, 1992);
- **Financiamento e aprovação:** etapa presente em caso de pesquisas financiadas por empresas ou órgãos, em que o pesquisador submete sua pesquisa para o recebimento de auxílios para a realização.
- **Condução da pesquisa:** processo de desenvolvimento da pesquisa;

- **Divulgação dos resultados:** uso de canais formais para publicação e propaganda informal.

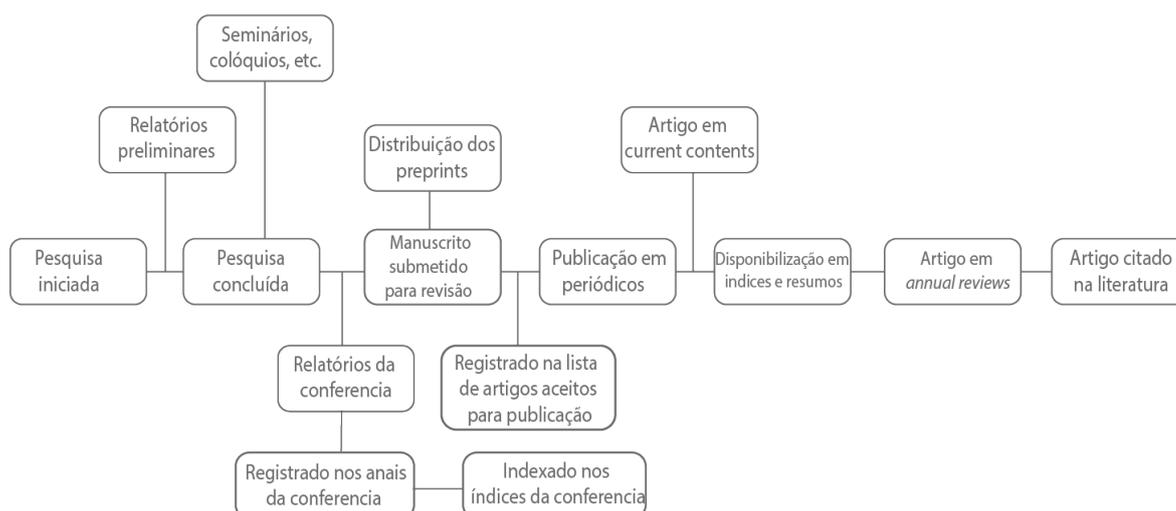
No decorrer dos anos, outros diversos modelos, que visam mapear as etapas presentes na comunicação científica foram apresentados. Dentre os mais famosos modelos, tem-se o de Garvey e Griffith (1972) e Hurd (2000), apresentados a seguir.

### **2.3.2.1. Modelos de comunicação científica**

A partir dos dados sobre a troca de informações científicas na psicologia, coletados pelo projeto da *American Psychological Association* (APA), Garvey e Griffith (1972) estudaram a dinâmica dos diversos meios de informações envolvidos na comunicação científica. Resultado desse estudo, tem-se um modelo que reflete o comportamento comunicacional informal e formal dos cientistas no campo da psicologia.

Fundamentados por essa pesquisa, em 1979, os autores prosperam um modelo que, dessa vez descrevendo os procedimentos gerais de 78 estudos sobre as atividades de troca de informações de mais de mais de 12 mil cientistas, envolvendo 9 disciplinas. Pela riqueza de detalhes, esse modelo se tornou um dos mais difundidos sobre o assunto, representando a comunicação científica de diversas áreas. Ainda que não atualizado, foi grandemente utilizado para representar os fluxos presentes em outras áreas. Esses processos são referentes a produção, disseminação e uso da informação (COSTA; LEITE, 2017; GOMES, 2013)

A respeito desse modelo, Mueller (2000) discorre sobre a facilidade de entender como ocorre o fluir das informações por meio dos diversos canais, gerando documentos no decorrer dos estágios. Tais documentos possuem características que variam de acordo com a etapa da pesquisa, o tipo de público e o objetivo do pesquisador.

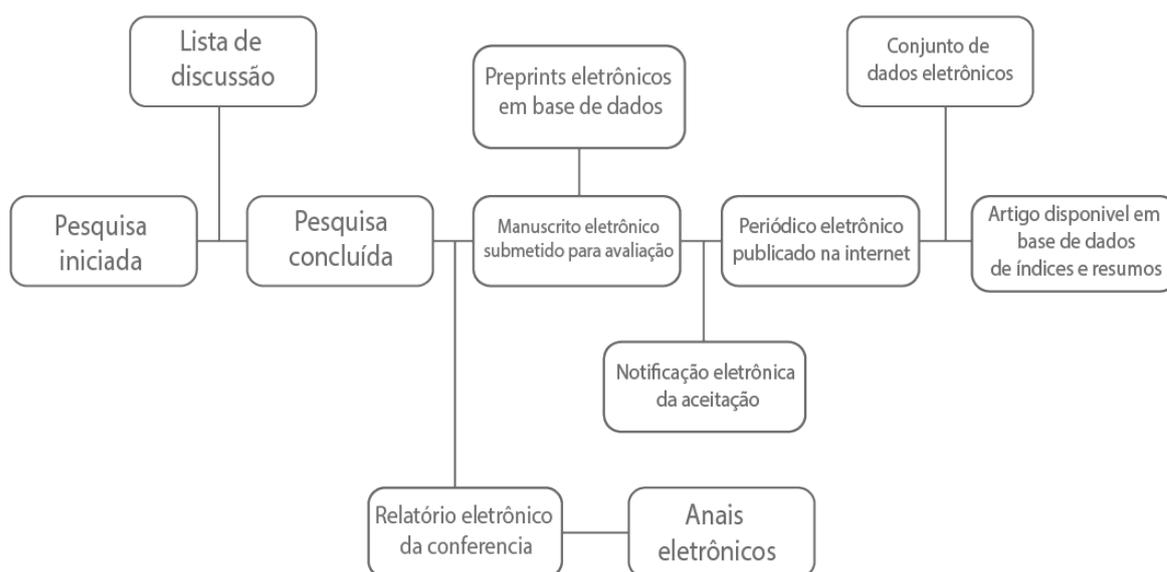


**Figura 11:** Modelo de Garvey e Griffith adaptado por Hurd  
**Fonte:** Adaptado de Hurd (1996)

Congressos, publicações em jornais e em periódicos são claramente visualizados como os principais meios utilizados para tornar as informações públicas. E mais que isso, é possível perceber as distinções entre os meios formais e informais, já que antes que os resultados sejam publicados em meios formais, por meio da interação informal, os pesquisadores possuem acesso antecipado aos resultados das pesquisas.

O modelo de Garvey e Griffith (1979), no decorrer dos anos, foi objeto de estudo para diversos cientistas, gerando análises, críticas e revisões. Em 1996, com base nesse modelo, surge mais um conjunto de modelos propostos por Hurd (1996), que dessa vez ressalta a comunicação utilizada em um contexto em que há a presença das TIC, não abrangidas no modelo base. A intenção foi trazer a discussão sobre como, até então, as tecnologias emergentes trariam mudanças no sistema, pois, segundo a autora, o surgimento dessas tecnologias transformaram todos os elementos presentes no modelo de Garvey e Griffith (HURD, 1996).

É importante ressaltar que, como aponta Leite (2011, p. 55), os modelos de Hurd (1996) são meramente especulativos, porém, ainda assim “é possível perceber que, hoje, boa parte de suas reflexões dos modelos condizem com a realidade e estão ainda em sintonia com transformações em curso”.



**Figura 12:** Modelo modernizado de Garvey e Griffith  
**Fonte:** Adaptado de Hurd (1996)

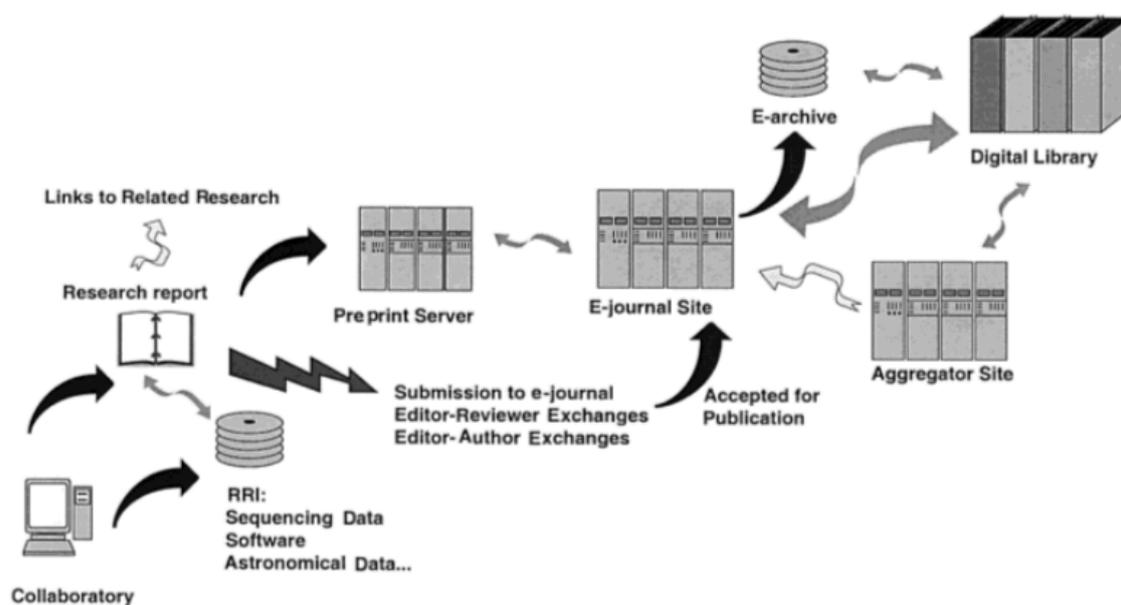
O modelo modernizado de Garvey/Griffith representa a comunicação científica realizada totalmente por meio de computadores. Percebe-se a permanência dos elementos básicos presentes na representação de Garvey e Griffith (1979), como os sistemas de periódicos e avaliação por pares. A comunicação informal, outrora realizada por meio de telefone ou viagens, nesse modelo foi substituído pelo uso dos já estabelecidos e-mails e listas de discussão. Os autores escrevem seus manuscritos por meio de editores de texto e a submissão desses artigos ocorrem por meio da internet. Nesse sentido, o modelo proposto se difere quanto à agilidade em que ocorrem os processos, vista a rapidez trazida pela tecnologia, algo não presente no sistema tradicional. Essa agilidade interfere em todo o ciclo, já que a produção, a revisão e publicação dos resultados são atingidos pela tecnologia (HURD, 1996).

Outros modelos apresentados pela autora são (HURD, 1996) :

- **Modelo sem periódico:** elimina o uso de periódico como distribuidor de informação, considerando que a comunicação por rede pode suprir essa demanda. Ainda é necessária a presença de validação por pares, porém, nesse contexto, viabilizado por meio de uma base de dados eletrônica.

- **Modelo sem veto:** devido as constantes críticas, entre elas, quanto a favorecimento no processo de revisão de pares, esse modelo elimina a necessidade de revisores.
- **Modelo colaborativo:** considerado o modelo mais distante do proposto por Garvey e Griffith (1979), propõe a colaboração entre pesquisadores em nível global. A troca e manipulação de dados é realizada em tempo real e um tipo de validação da pesquisa ocorre nos primeiros estágios de sua realização.

No ano 2000, Julie Hurd volta a propor um novo modelo, dessa vez projetando o que seria o futuro sistema de comunicação científica, mais especificamente para 2020. Nesse modelo, também baseado em um modelo já existente, é proposta uma comunicação científica que converge as modalidades tradicionais modernizadas e adiciona novas capacidades, gerando um sistema de comunicação evoluído.



**Figura 13:** Comunicação científica: um modelo para 2020  
**Fonte:** Hurd (2000, p. 1281)

Dentre as principais propostas, destacam-se: a permanência da revisão por pares, bem como a dos colégios invisíveis, embora seja reconhecido que tal processo possa ser realizado de outra maneira; todas as áreas que se utilizam de pre-prints – troca de manuscritos entre os pesquisadores antes de sua publicação – passarão a publicá-los em bases de dados de pré-prints, apoiando mais agilmente o

compartilhamento de descobertas preliminares; os periódicos científicos eletrônicos são armazenados de forma a garantir sua recuperação.

As propostas presentes nesses modelos possibilitam uma visualização ampla da realização da ciência, porém, como aponta Leite (2011), nenhum desses padrões representam fielmente as práticas atuais. Percebe-se a constante presença de alguns elementos que ainda hoje são fundamentais para a ciência contemporânea, como o uso de periódicos para comunicação dos resultados científicos. Disso, pode-se inferir que tal meio é o principal meio de comunicação científica. Não se deve desconsiderar também os meios informais que auxiliam os pesquisadores na difusão científica, como os congressos, conferências e pre-prints. Outro ponto importante é a ausência dos repositórios digitais nesses modelos, que atualmente estão em grande expansão.

#### **2.4. Uma análise das tecnologias utilizadas na comunicação científica**

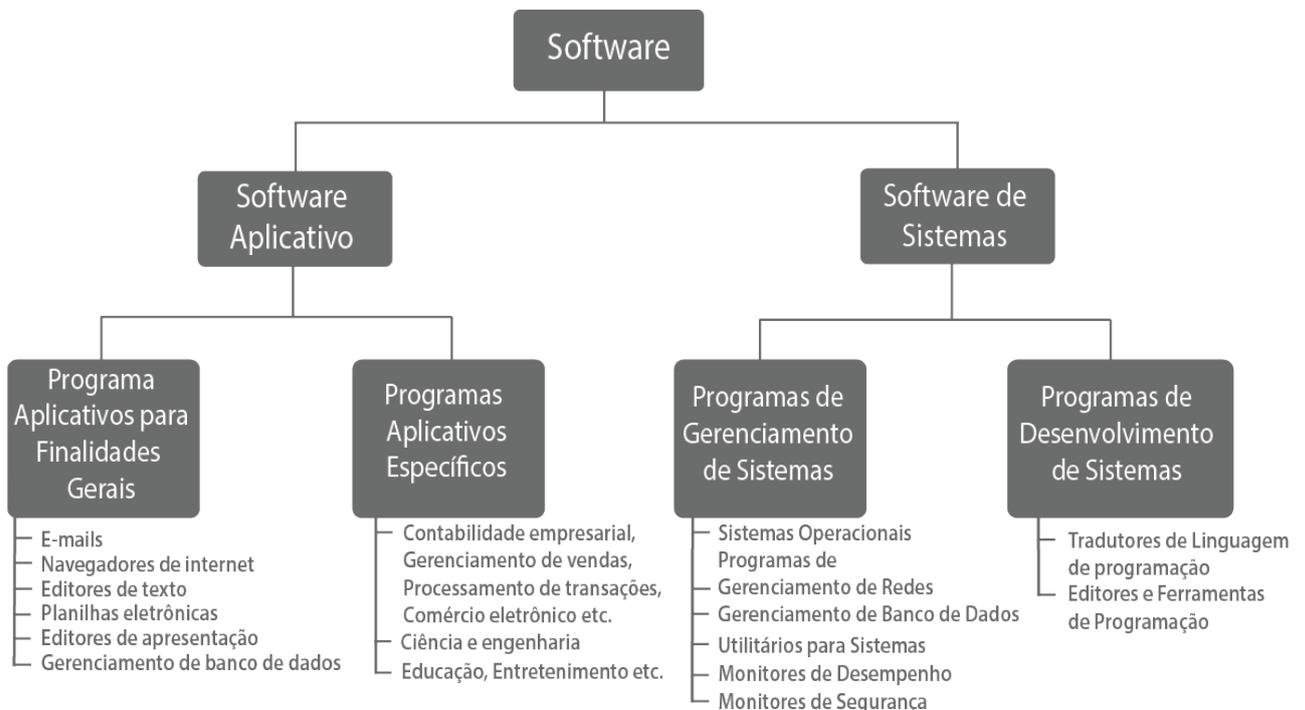
Não é difícil observar o escalonamento do uso das TICs, como computadores, *smartphones*, *tablets*. Ainda em 2015, segundo o site de notícias G1 (2015), dados da União Internacional das Telecomunicações (UIT) apontam que aproximadamente 3,2 bilhões de pessoas possuíam acesso à Internet, o que corresponde a 43% da população mundial. Logo, estamos em um mundo cercado por dispositivos que, por meio da internet, eliminam as barreiras geográficas, permitindo acesso imediato a informações de todo tipo. Podemos entender como dispositivos todos os aparelhos que realizam conexões, sejam elas entre redes; redes e dispositivos; e dispositivos com dispositivos. Essa conexão é utilizada com as mais diversas finalidades, responsável por atribuir novas formas de comunicação e disponibilização de serviços. Como visto na seção anterior, os serviços relacionados às práticas da comunicação científica passaram a fazer uso dessas tecnologias e hoje são possíveis de serem realizados em todas as suas etapas por meio de rede, a partir do uso de dispositivos.

Periódicos eletrônicos, bibliotecas digitais, repositórios digitais, sites agregadores, livros, *e-mails*, conferências, são todos canais de informação científica que de alguma forma se utilizam das TICs. Porém, não devemos observá-las de forma isolada, já que por trás de qualquer tecnologia existem diversos outros componentes que conversam entre si e garantem seu funcionamento. A Internet, por exemplo, não

pode ser acessada sem o uso de um dispositivo, que, por sua vez, não funciona sem um hardware, software e um sistema de armazenamento de dados e de rede. Já no âmbito da comunicação científica observamos essa relação, desde operações menores, como o uso de editores de textos para a redação da pesquisa até o uso de dispositivos conectados a internet para a submissão dessa pesquisa, que logo depois de aprovada será disponibilizada pela editora, por meio da internet.

Segundo Stair e Reynolds (2011), softwares consistem nos programas de computador que, por meio de sequencias de instruções, são responsáveis por controlar o trabalho do hardware. Basicamente, um software sem hardware pode ser considerado somente uma ideia, assim como um hardware sem software é somente um dispositivo físico sem utilidade.

Os softwares podem ser classificados em duas categorias que, respectivamente, também se dividem em duas subcategorias (O'Brien, 2004):



**Figura 14:** Uma visão geral do software  
**Fonte:** O'Brien (2004, p. 105)

- **Softwares de Sistemas:**

Os Softwares de Sistemas representam o conjunto de programas que coordenam o funcionamento do hardware e de outros programas do computador. Esses softwares se dividem em duas categorias: programas de gerenciamento de sistemas, que são utilizados para gerenciar os recursos de hardware, software, redes e dados do sistema de computador, e os Programas de desenvolvimento de sistemas, que são aqueles que possibilitam aos usuários o desenvolvimento de outros sistemas ou softwares.

- **Softwares Aplicativos:**

São aqueles softwares que, dentro de programa de gerenciamento de sistema, como um sistema operacional, realizam as atividades de processamento de informação para o usuário final. São categorizados em programas aplicativos para finalidade gerais – aqueles que realizam processamentos de informações comuns para o usuário - e os programas aplicativos específicos, que são desenvolvidos puramente para apoiar as necessidades de um usuário final de uma instituição, organização.

Nesse aspecto, a comunicação científica se utiliza amplamente dos softwares aplicativos. É notório que as etapas de realização de uma pesquisa, com base nas definições supracitadas, são majoritariamente praticadas em programas de aplicações gerais e específicas, em questão de entrega de serviços. Isso considerando, claro, que esses softwares foram criados, em algum momento, em um programa de desenvolvimento de sistemas e, além disso, são hospedados em um programa gerenciador de sistemas, uma parte aparentemente tão intrínseca e óbvia, que não necessita de maiores detalhes.

A partir do quadro 3 é possível vislumbrar algumas utilizações desses programas:

Aplicações Gerais	Uso
Editores de texto	Redação da pesquisa
E-mails	Trocas de informações entre cientistas
Navegadores de internet	Acesso a e-mails, base de dados, repositórios, bibliotecas digitais, submissão de artigos
Planilhas eletrônicas	Organização e análise de dados científicos
Editores de apresentação	Criação de apresentações para conferências
Programas de editoração eletrônica	Editoração de artigos, periódicos e livros
Aplicações Específicas	Uso
Periódicos eletrônicos	Submissão, avaliação, gestão e disponibilização da pesquisa
Bibliotecas digitais	Disseminação de artigos, livros, etc
Repositórios digitais	Disseminação de artigos em acesso aberto, documentos institucionais, como TCC, Dissertações e Teses

**Quadro 3:** Exemplos de usos das aplicações na comunicação científica

**Fonte:** Elaborada pelo autor

Exemplo disso, no Brasil, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) oferece uma série de softwares livres desenvolvidos para a construção de canais de informação científica. Assim, as instituições, tendo somente os custos da implementação dos softwares, manutenção e prestação dos seus serviços, podem construir seu canal científico de modo similar aos praticados em todo o mundo, respeitando o fluxo de cada canal. Exemplos disso são: o Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (SEER) – software para construção e gestão de publicações periódicas eletrônicas; Sistema Eletrônico de Administração de Conferências (SOAC) – para gerenciamento de eventos preferencialmente acadêmicos e o Sistema para Construção de Repositórios Institucionais Digitais (DSpace) para a criação de repositórios digitais (IBICT, 2018).

A adoção dos softwares citados anteriormente, para a prestação dos seus respectivos serviços, foi ampla, sendo possível encontrar uma infinidade de periódicos científicos em diversas áreas, conferências e repositórios que fazem uso dessas tecnologias de informação oferecidas pelo IBICT.

Leffingwell e Widrig (2000) propõem a existência de três tipos de aplicações de softwares:

- **Sistemas embutidos:** são encapsulados nos dispositivos que são por eles controlados. Ex: Calculadora, celulares, micro-ondas.
- **Sistemas comerciais:** softwares criados para propósitos comerciais, normalmente por grandes empresas que os fornecem de modo independente. Ex: editores de textos, sistemas operacionais, jogos.
- **Sistemas de Informação:** sistemas e aplicações desenvolvidas para uso dentro de uma organização. Ex: Software de cadastro de produtos ou pessoas, site de vendas.

Em geral, a comunicação científica ocorre por meio de sistemas de informação, na sua maior parte. Exemplo disso são os periódicos científicos, talvez o meio formal mais importante para a realização da ciência, que, fazendo uso de um sistema de informação disponível na internet, possibilita que um pesquisador acesse o respectivo site do periódico, submeta o artigo, tenha sua avaliação por pares realizada no próprio ambiente do sistema, consiga receber o aceite ou recusa da publicação e, por fim, tenha seu artigo publicado.

Para a continuidade desta pesquisa, visto os seus objetivos, será realizada uma análise geral dos Sistemas de Informação. Isso se justifica pelo escopo da mesma, que não visa propor alterações em sistemas embutidos ou comerciais, considerando a sua abrangência, que ultrapassa os limites de um sistema voltado somente para comunicação científica.

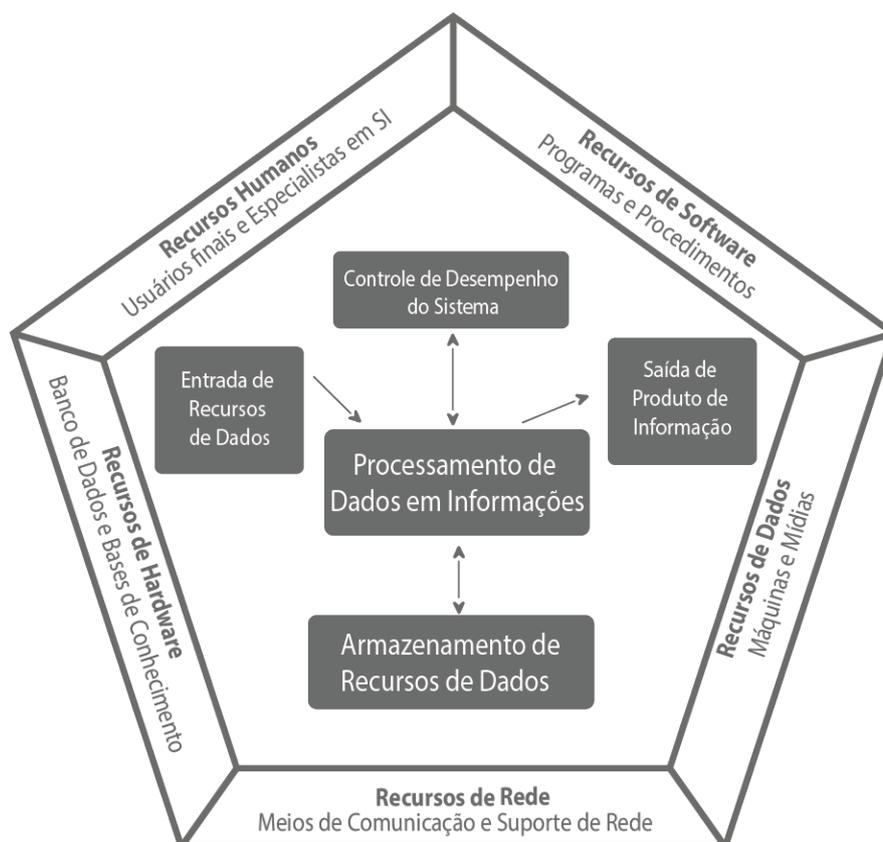
### 2.4.1. Sistemas de Informação

De modo genérico, O'Brien (2004, p.7), define um sistema como "um grupo de elementos inter-relacionados ou em interação que formam um todo unificado". Tal definição é facilmente capaz de trazer diversas relações, como o sistema solar ou sistema digestivo, estudados no ensino básico. O autor ainda fornece uma segunda definição que, para os objetivos desse trabalho, parece mais apropriada para representar os sistemas baseados em informações: "um sistema é um grupo de componentes inter-relacionados que trabalham rumo a uma meta comum, recebendo insumos e produzindo resultados em um processo organizado de transformação" (O'BRIEN, 2004, p. 7).

As interações realizadas nesse tipo de sistema ocorrem de modo processual, dinâmica que envolve três componentes: entrada - relacionado ao agrupamento dos componentes que irão ser inseridos no sistema; processamento - tratamento que converte os componentes inseridos na entrada em produto e saída - disponibilização do produto até o seu destino final (O'BRIAN, 2004). Stair e Reynolds (2011) ainda apontam a presença de um quarto componente, a realimentação, que é o uso da informação gerada no sistema, empregada para realizar mudanças na entrada ou processamento, ou seja, a alteração de dados.

O Sistema de Informação computadorizado (SI) é definido como "um conjunto organizado de pessoas, hardwares, redes de comunicação e recursos de dados que coleta, transforma e dissemina informações em uma organização" (O'BRIAN, 2004, p. 6).

Nos SIs, em geral, há o envolvimento de 5 componentes que, conforme apresentado na figura 15, são responsáveis por dar vida ao sistema, cada qual desempenhando um papel (O'BRIAN, 2004).



**Figura 15:** Os componentes de um sistema de informação  
**Fonte:** Adaptado de O'Brien (2004)

Os recursos de hardware abrangem todos os dispositivos e equipamentos físicos utilizados no processamento das informações. Não compreendem somente as máquinas presentes em um computador, mas todas as mídias de dados. Recursos de Rede – um componente fundamental em todos os sistemas de informação - são os dispositivos interconectados por mídia de comunicações (como cabos e conexões sem fio) e controlados por softwares de comunicações. A Internet é um exemplo de rede de telecomunicações de grande sucesso (O'BRIAN, 2004).

Os recursos humanos correspondem as pessoas responsáveis pelas operações realizadas no sistema, que compreendem desde os usuários finais – que utilizam o sistema ou a informação que ele produz – até os especialistas em SI –

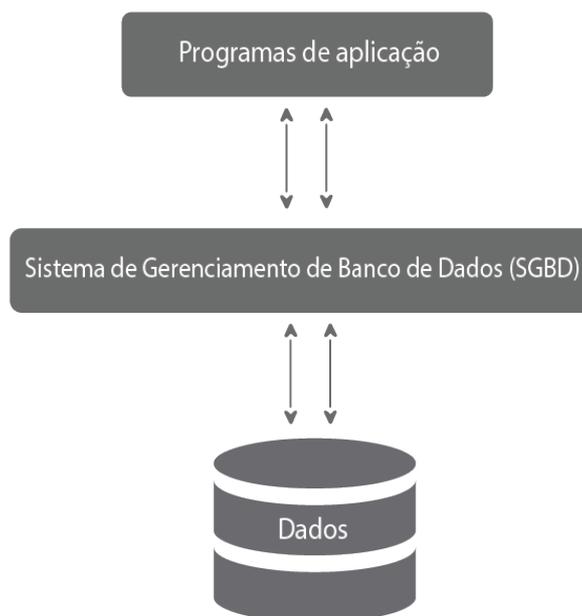
pessoas que desenvolvem e operam o SI. Por fim, os recursos de dados, responsáveis pela matéria-prima de um SI, são normalmente organizados em banco de dados que guardam os dados processados e organizados (O`BRIAN, 2004).

#### **2.4.2. O Blockchain e os banco de dados atuais**

Os bancos de dados se assemelham ao Blockchain quanto a sua função – armazenamento de dados; porém, em questões de estrutura de funcionamento e de capacidades técnicas, esses sistemas possuem suas diferenças. É com base nisso que o Blockchain apresenta sua força de contribuição para diversas aplicações, inclusive à comunicação científica.

Para se entender os bancos de dados, é fundamental abordar os Softwares de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). O`Brien (2004, p. 139) os define como “um conjunto de programas de computador que controla a criação, manutenção e uso dos bancos de dados por uma organização e seus usuários finais”. Basicamente esses softwares permitem a comunicação do computador com o banco de dados de modo bidirecional, possibilitando a constante alimentação e alteração de dados ou do próprio banco. Os SGBD são utilizados principalmente para quatro funções: desenvolvimento de banco de dados, consulta de bancos de dados, manutenção de banco de dados e desenvolvimento de aplicações; e, como apontam Cardoso e Cardoso (2012), seu objetivo é tornar fácil e eficiente o acesso às informações.

A junção de um banco de dados, um SGBD e as aplicações configuram o sistema de banco de dados, conforme ilustrado na figura 17.



**Figura 16:** Sistema de banco de dados  
**Fonte:** Adaptado de Cardoso e Cardoso (2012)

Franco (2013) aponta as principais propriedades encontradas em um SGBD:

- **Controle de redundância:** as informações estão armazenada em somente um local ou são controladas, em caso de dados duplicados;
- **Compartilhamento de dados:** um SGBD deve garantir o controle de concorrência ao acesso dos dados, ou seja, em um ambiente multiusuários, as operações (inserção, alteração, exclusão) realizadas sob um conjunto de dados, devem ter um resultado correto e consistente;
- **Controle de acesso:** um sistema de informação pode ser formado por diversos bancos de dados trabalhando simultaneamente no mesmo sistema, logo, o controle de acesso permite que o acesso a um banco de dados específico seja autorizado somente às pessoas encarregada;
- **Possibilidade de múltiplas interfaces:** interface de consulta de dados ou para programação, por exemplo, são acessados por pessoas com diferentes tipos de conhecimento técnico, logo, diferentes tipos de usuários possuem acesso a diferentes interfaces no sistema;
- **Representação de relacionamento complexo entre dados:** um SGBS possui uma infinidade de dados que se relacionam de diversas maneiras, assim, espera-se que seja o sistema seja capaz de

representar uma variedade de relacionamento entre os dados, além de recuperar e modificar os dados de modo fácil e eficiente;

- **Integridade dos dados:** as aplicações em bancos de dados, em grande maioria, possuem componentes que garantem a integridade dos dados;
- **Backup e restauração de dados:** espera-se de um SGBD, que em caso de falha nos softwares ou hardwares, recursos de cópia e restauração dos dados antes dispostos no dispostos no sistema.

Os bancos de dados ainda podem ser visualizados de acordo com diversos critérios que os classificam. Alves (2014) aponta diversos tipos de classificações de banco de dados, nas quais destacam-se:

- **Classificação quanto os modelos de dados:**

Para este trabalho é interessante importante se mencionar principalmente o banco de dados relacional – principal modelo utilizado atualmente – organiza as informações em tabelas formadas por linhas e colunas. Nesse tipo de estrutura, é possível relacionar diversas tabelas ou campos visando filtrar determinada informação. Alguns outros tipos de banco de dados são: banco de dados orientados a objetos, banco de dado hierárquico, banco de dado de rede.

- **Classificação quanto a localização:**

Quando a localização, o SGBD e o próprio banco de dados podem ser armazenados de forma centralizada e distribuído, ambos funcionando de modo parecido as redes abordadas no tópico 2.1.1. Em suma, no sistema centralizado o SGBD e o banco de dados estão disponíveis em uma máquina central, já os sistemas distribuídos é caracterizado por esses elementos estarem distribuídos em diferentes máquinas. É importante ressaltar que mesmo sendo centralizado e distribuído, os DBMS utilizados atualmente trabalham dentro de uma rede cliente/servidor (ALVES, 2014).

Para título de curiosidade, outras classificações apresentadas pelo autor caracterizam os bancos de dados quanto ao número de usuários suportados e também quanto ao método de acesso.

Estão relacionadas, em linhas gerais, as principais características e classificações dos bancos de dados comumente utilizados. Isso permite que se compare esse modelo com a tecnologia do Blockchain, que também opera como banco de dados, mas possui atributos específicos - isto é, contém atributos que banco de dados tradicional não tem. Para começar, muito raramente se consegue a imutabilidade nos bancos de dados tradicionais; o Blockchain, ao contrário, tem isso como um pilar sustentador: os registros não se apagam nem se alteram, e esse é, inclusive, elemento importante que lhe confere credibilidade e relevância. Outro ponto importante é a descentralização, que garante que esses dados não se percam e, por meio da validação, possam ser armazenados sem intermediários.

Não se trata de hierarquizar, de dizer que um é melhor do que o outro. É sim de entender que o Blockchain tem características específicas que podem ser vantajosas, dependendo do uso que se faz das informações registradas, bem como o tipo de informações registradas. Enquanto os bancos de dados atuais guardam, organizam e disponibilizam informações de todo tipo, o Blockchain tem um caráter mais voltado para a comprovação de que determinado fato realmente aconteceu; e mais importante ainda é que esse registro pode ser disponibilizado publicamente, de forma anônima, dando um cunho de auditoria ao sistema.

Esse registro do histórico, em que não se apaga, só se acrescenta; a autenticação de autoria; distribuição em rede, que impede que se perca a informação - tudo isso pode ser resumido em uma palavra: credibilidade.

Uma nota de cem reais só tem esse valor porque as pessoas acreditam e aceitam que tem. Sem que a sociedade em geral atribua esse valor à nota, ela não passa de um pedaço de papel. Nesse caso, há, evidentemente, respaldo estatal, arcabouço legal, regras e instituições que dão respaldo a isso. A própria cédula de dinheiro tem marcas que são colocadas para evitar que seja forjada, falsificada. Esses são mecanismos para garantir credibilidade. Para que alguém que recebe um papel como troco em um mercado possa acreditar que aquele papel tem um valor - e um valor específico e conhecido.

O exemplo do dinheiro não é posto ao acaso, obviamente. A mais conhecida e difundida aplicação do Blockchain é em criptomoedas como a Bitcoin, justamente porque o modo como o Blockchain se estrutura, faz com que as pessoas confiem,

porque garante registro e preservação, de modo irrefutável, de que um valor passou de uma carteira para outra. O que se pretende dizer com isso é que o Blockchain pode ser uma boa alternativa, uma boa solução, sempre que for importante a credibilidade, a preservação descentralizada, a rastreabilidade, a identificação dos agentes envolvidos.

Com base nesses elementos, é possível pensar imaginar diversas possibilidades de uso dessa tecnologia, tanto olhando por um lado mais abstrato, vislumbrando o que pode ser realizado a partir do que já se tem hoje, quanto por um lado mais concreto, observando as propriedades e aplicações já desenvolvidas para, a partir delas, pensar em possíveis aplicações. Assim, reforça-se o problema desta pesquisa: como essa nova tecnologia pode beneficiar os processos de comunicação científica?

### 3. Metodologia

Considerando que o objetivo deste trabalho é a investigação de um objeto pouco explorado, por meio de conteúdo documentado, e que, além disso, tem-se a intenção de descobrir um novo enfoque para esse objeto, define-se esta pesquisa como exploratória. De acordo com Gil (2002), esse tipo de pesquisa têm o objetivo de familiarizar um problema, tornando-o mais explícito e suscetível de constituir hipóteses.

A abordagem de um problema, segundo Prodanov e Freitas (2013), pode ser realizada por dois modos: qualitativa e quantitativa. Na abordagem qualitativa, entendida como a ideal para este trabalho, observando a natureza dos dados, busca-se o aprofundamento de uma questão que tem impacto na sociedade como um todo.

Os procedimentos técnicos estão relacionados com a maneira como os dados são obtidos para a elaboração da pesquisa. Nesse aspecto, esta pesquisa é realizada com o auxílio de dois procedimentos técnicos: pesquisa bibliográfica, visto que parte dos dados que compõem este estudo estão já analisados e publicados em meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e páginas da internet; e pesquisa documental, que embora muito similar com o procedimento anterior, é caracterizada pelo uso de fontes mais diversificadas e dispersas; algumas delas não possuem tratamento analítico. Jornais, revistas e relatórios são exemplos de documentos utilizados nesse tipo de pesquisa. Logo, apesar de empregada com uma menor frequência, tem-se na composição desta pesquisa o uso desses instrumentos (GIL, 2002).

O presente estudo foi realizado com base nas seguintes etapas:

1. **Levantar e selecionar as fontes bibliográficas:** foram selecionadas as fontes bibliográficas utilizadas como referencial teórico da pesquisa, com o objetivo de reconhecer os aspectos técnicos e históricos dos objetos de estudo: Blockchain e comunicação científica. Para o Blockchain, pela pouca quantidade de escritos na área de ciência da informação, foram utilizados, além

de livros e artigos, Whitepapers<sup>5</sup> e notícias veiculadas em sites de notícias. Para se compreender o funcionamento da comunicação científica, o uso de livros e artigos científicos foi por si só satisfatório.

2. **Identificar o uso da tecnologia Blockchain:** por ser uma tecnologia relativamente nova, para reconhecimento das possibilidades de uso do Blockchain, foi necessário a identificação de aplicações reais. Por meio delas, foi possível compreender o funcionamento geral numa perspectiva técnica, permitindo, assim, o reconhecimento dos seus princípios básicos, bem como a compreensão da sua capacidade. Essa exploração ainda possibilitou a identificação das primeiras aplicações do Blockchain com o uso direcionado para a ciência.
3. **Analisar como ocorre o processo de comunicação científica:** nessa etapa foram estudados os aspectos conceituais e históricos da comunicação científica. Por meio desse entendimento básico, tornou-se possível a compreensão do funcionamento da comunicação científica, bem como seus instrumentos. Para assimilação, foram apresentados os modelos que representam o fluxo geral percorrido pelo pesquisador desde o momento da concepção da ideia até a comunicação dos seus resultados.
4. **Relacionar os objetos de pesquisa:** Para a conclusão dos objetivos, a partir da apresentação dos dois objetos, estabeleceu-se uma relação tecnológica entre o Blockchain e os sistemas de comunicação científica. A partir disso, foi possível distinguir os benefícios do Blockchain em relação as tecnologias utilizadas.
5. **Indicar as possíveis contribuições do Blockchain:** A partir dessa exploração, com base nas aplicações e características técnicas do Blockchain, foram propostas e indicadas as possíveis contribuições do Blockchain para as atividades de comunicação científica.

---

<sup>5</sup> Espécie de relatório criado por governos ou empresas para servir como informe de determinado produto.

#### 4. Discussão dos resultados

Percorridas as etapas metodológicas propostas, foram apresentadas as principais características do Blockchain, suas aplicações e possibilidades; tratou-se, também, de conceituar a comunicação científica, identificar sua estrutura, suas etapas e seu suporte tecnológico. Nesta seção, pretende-se estabelecer de modo mais evidente a relação entre Blockchain e comunicação científica, identificando possibilidades de uso.

Constatou-se que o Blockchain, como mencionado anteriormente, é um sistema que possui como características essenciais a **imutabilidade das informações**, que são contidas de modo **descentralizado**, e **sem a necessidade de um agente intermediador** entre o serviço e o usuário. Basicamente esses três traços são as grandes inovações trazidas por essa tecnologia; logo, é possível percebê-los nas aplicações desenvolvidas com base no Blockchain.

Exemplo disso, é o uso da Bitcoin, que tem todas transações guardadas de modo imutável, descentralizado (garantindo aspectos comprobatórios quanto às transações realizadas) e sem a necessidade de um banco com a função intermediador, já que tudo é realizado pelo próprio sistema.

Contudo, ainda não se deve desconsiderar as outras propriedades, como a **atualidade, irrefutabilidade, prevenção contra duplicação, transparência** – para citar as principais. Todos esses atributos fazem da tecnologia o que ela é, e como visto nas suas aplicações, eles são mais ou menos explorados dependendo da proposta e necessidade do sistema desenvolvido. É o que acontece, por exemplo, com a transparência: o sistema pode ou não ser desenvolvido para permitir a adição, validação e visualização somente por pessoas autorizadas, por meio de um Blockchain privado.

Se, de um lado, é possível desenvolver um sistema que use Blockchain privado, e que não fique acessível a qualquer pessoa (é possível restringir a transparência àqueles autorizados), de outro, há atributos dessa tecnologia que não podem ser abandonados, como ocorre no caso da imutabilidade.

Essas características estão presentes na própria ideia e estrutura do Blockchain, mas, mesmo assim, de modo geral, nem todos os usos dessa tecnologia se beneficiam explicitamente de todas essas características. Dependendo do uso que

se faz, atributos diferentes transparecem como propriedades indispensáveis naquele determinado contexto.

Exemplos ajudam a deixar isso claro. Um deles é o uso do Blockchain aplicado à cadeia de suprimentos: a tecnologia como ferramenta empregada no processo que vai do planejamento ao consumo de alimentos. Nesse caso, são explorados principalmente a imutabilidade e atualidade dos dados, ainda que as outras propriedades também estejam presentes dando suporte a esse funcionamento.

Nesse tipo de sistema é fundamental entregar ao consumidor uma informação íntegra, ou seja, inalterada; quanto à atualidade, é imprescindível que tais informações correspondam fielmente ao tempo em que o correspondente processo foi realizado, pois isso influi tanto na venda desse produto – ao se pensar que um produto fresco e preservado em condições ideais tem mais demanda por parte dos revendedores – e também na escolha dos consumidores, que logicamente, ao saber que esse produto foi colhido, abatido ou processado em uma data, horário ou condições específicas, também dão preferência a eles.

A atualidade se mostra útil também ao se pensar em um serviço realizado por etapas. A informação rápida sobre o processo permite planejamento e antecipação. Possibilita prever, em fases posteriores, a chegada do produto, o que é vantajoso principalmente para a identificação de problemas e tomada de decisão, adoção de medidas para lidar com a situação. Além disso, o acesso a essas informações, como um todo, também constitui um fator diferencial, pois permite ao consumidor, por meio de um código, como o de barras, acessar toda a trajetória do produto, tornando o serviço prestado transparente e confiável. Em tempos em que consumidores se preocupam e buscam, cada vez mais, informações sobre o que compram, isso parece uma característica desejável.

É importante deixar claro que pensar nos usos do Blockchain não implica, necessariamente, em abandonar as práticas e suportes usualmente empregados. Nesse sentido, pode-se observar esses sistemas de outro modo: a partir da possibilidade de mesclar diversas outras tecnologias já atualmente utilizadas, o que reforça que o Blockchain não veio para substituí-las, obrigatoriamente, mas sim aperfeiçoá-las em aspectos anteriormente não possíveis.

É o que ocorre nos sistemas Pluto e Sciencerooot, desenvolvidos para finalidades científicas. Ambos os sistemas se apoiam na tecnologia Blockchain, mas

adotam banco de dados que assume serviços ainda não viáveis, de modo satisfatório, em um Blockchain: a inserção de arquivos.

Por possuírem um tamanho muito maior do que o que se tem em uma simples transação de valores de criptomoedas, um Blockchain para troca de arquivos impediria o sistema de funcionar com agilidade, vista a necessidade de se resumir, distribuir e validar todos esses arquivos dentro do sistema. Nesse caso, como ocorre no Scienceroot, todos os arquivos estão guardados em um sistema de armazenamento P2P chamado InterPlanetary File System (IPFS), que tem a função de guardar e atribuir um endereço ao arquivo. Sendo assim, o que é registrado em uma transação de Blockchain não é o arquivo, mas os links IPFS referentes a eles. Isso mostra a imutabilidade sendo adaptada e utilizada concomitantemente a outras tecnologias, criando um serviço não visto até então com o uso na Bitcoin. Vale ressaltar que o IPFS possui mecanismos próprios de garantir a integridade das informações, como o uso de *hash* criptográfico nos arquivos armazenados, garantindo que o sistema por completo, e não só a camada de Blockchain, seja seguro (GÜNTHER e CHIRITA , 2018).

Mas, como dito, esses sistemas fazem mais do que uma simples guarda de arquivo. No Scienceroot, há uma plataforma colaborativa em que os autores se cadastram e a partir de então têm a possibilidade de usufruir do sistema de forma gratuita. Esse sistema permite ao pesquisador se conectar com diversos outros pesquisadores, colegas e com os pares do seu campo de pesquisa, podendo compartilhar dados ou até a própria pesquisa. Por ter entre suas propostas a publicação de pesquisas e apesar de se saber que há a presença dos pares, não é claro como essa avaliação ocorre ao se ler os documentos referentes a plataforma. Há ainda a presença de uma moeda própria: *Science token*, utilizada como recompensa para validadores e, além disso, permite que pesquisadores arrecadem fundos para sua investigação por meio de doação de outros usuários. Também há a oportunidade de fazer perguntas, respondê-las e achar soluções para o problema da pesquisa, além de outras funcionalidades (GÜNTHER; CHIRITA , 2018).

Desenvolvida para ser uma rede de pesquisa, a plataforma Pluto lida com as trocas de valor realizadas em todo o ciclo da pesquisa, sendo entendido como valor desde uma troca de informação a quantias monetárias. Esse sistema não restringe o tipo de publicação, exigindo somente que a informação publicada tenha “[...] o

potencial de agregar valor à progressão científica, incluindo, mas não se limitando a propostas, ideias de pesquisa, hipóteses, projeto de experimentos, protocolos de pesquisa, dados experimentais, análises e interpretações” (PLUTO, 2018, p. 16, tradução nossa).

As licenças dos seus trabalhos ficam sob total controle dos próprios pesquisadores, e os direitos autorais de sua obra também são definidos por eles, diante de diversas opções já dadas pelo sistema. A revisão por pares segue parecida, em partes, com o modelo tradicional. Todos podem avaliar, porém há a exigência de uma comprovação de reputação. Ao se submeter um documento, inicia-se a revisão às cegas, em que o avaliador obrigatoriamente deve incluir comentários detalhados sobre o que foi avaliado. Além de aceitar e recusar, o avaliador ainda tem a opção de pedir a revisão do documento, que, ao ser realizada, retorna ao avaliador e assim, definitivamente, aprova ou recusa. Por fim, 48 horas após a revisão por pares ou o envio da versão revisada, tem-se o fim da revisão as cegas e ambos, autores e avaliadores, têm sua identidade revelada (PLUTO, 2018).

Como visto, ambas as aplicações utilizam o Blockchain de modo similar e se diferem das tecnologias vistas até então, inclusive as utilizadas na ciência, por permitirem uma comprovação de acontecimentos. Por meio dessa característica deu-se margem para explorar diversas possibilidades de uso do Blockchain, o que foi feito por ambos os sistemas.

Mas a grande novidade que se tem aqui não é a criação de uma plataforma colaborativa com diversos recursos que auxiliam o pesquisador na elaboração de sua pesquisa – tudo isso já é possível sem o Blockchain. Esses sistemas se diferem pela confiabilidade e transparência, pois tudo o que acontece é gravado e repartido entre os nós. As trocas de valores realizadas por meio da moeda de recompensa utilizadas nos sistemas, bem como os serviços prestados - como a revisão - além de guardados nos blocos, também são assegurados pelos contratos inteligentes, disponíveis em ambas as plataformas. Assim, a avaliação de um documento ou até mesmo as interações entre os usuários do sistema são registrados em forma de contrato.

Conforme metodologia prevista, o conteúdo apresentado no tópico 2 forneceu insumos suficientes para permitir a visualização da tecnologia como um todo, para observar o funcionamento da comunicação científica e entender que basicamente todo o processo de comunicação científica realizado por meio de computadores faz

uso de um conjunto de componentes que possibilitam a criação do sistema de informação.

Para avançar nos resultados desta pesquisa é importante, ainda, pontuar que aqui se apresentam proposições que, com base nas aplicações vistas e também nas propriedades da tecnologia, são possíveis de serem implementadas. Logo, serão expostos potenciais benefícios do Blockchain para um sistema de informação que subsidia as ações realizadas em um sistema de comunicação científica.

Tais propostas se estruturam com base na observação das principais funcionalidades percebidas nos sistemas utilizados atualmente na comunicação científica; também nos modelos de comunicação científica, que permitiram visualizar, de forma abrangente, quais são os processos realizados por um pesquisador.

Como mencionado, não estão presentes entre as características dos sistemas de informação científica a imutabilidade e desintermediação. O que se observa, aliás, é bem diferente: percebe-se uma comunicação científica que, muitas vezes, se revela pouco transparente em relação aos seus processos e é regida por instituições como editoras científicas, que definem, em alguns casos, de modo pouco claro quem são os validadores e os critérios de aceitação. A esse respeito, Miranda e Pereira (1996) apontam o papel de *gatekeeper* tido pelas editoras científicas, ou seja, a função de intermediário entre os autores e os leitores. As autoras reconhecem a subjetividade na escolha do conteúdo veiculado, principalmente no âmbito das ciências sociais, que é intrínseca à função do editor científico – papel desempenhado, em muitos casos, por professores e pesquisadores - e obviamente ao papel dos pares que certificam a pesquisa; porém ainda esclarecem que as diversas decisões que perpassam o conteúdo do periódico são assessoradas pelo corpo editorial, não sendo definidos com propósitos mercadológicos.

Contudo, o que se questiona não é o papel dos editores ou avaliadores dessas revistas, mas sim a necessidade de maior transparência no funcionamento das tecnologias utilizadas nesse processo e também fluxos adotados pela comunicação científica. Em especial os periódicos científicos, que, em muitos casos, em etapas como a avaliação por pares, não deixa claro, por exemplo, qual a especialidade e competência dos avaliadores; ou até mesmo, como apontam Miranda e Pereira (1996), quem avalia esses avaliadores. O que se pensa aqui é sobre a transparência de como tudo isso acontece. Isso se evidencia, por exemplo, quando o periódico

*Tumor Biology*, publicado pela editora *Springs*, exclui 107 artigos publicados ao descobrir o comprometimento da revisão por pares realizado pela publicação (SPRINGERLINK, 2017).

Esses sistemas são como muitos outros encontrados atualmente: centralizados, mutáveis e com toda confiança depositada em um agente mediador, como os bancos, no âmbito financeiro, o cartório, em questões administrativas e legais e as editoras, na ciência.

Não se pretende, evidentemente, condenar um sistema consolidado e reputado como confiável. O que se evidencia é a possibilidade de que seja aprimorado, e o emprego de novas tecnologias, como é o caso do Blockchain, pode servir a esse propósito.

As proposições a seguir se baseiam não somente nas capacidades atuais da tecnologia, mas em uma gama de possibilidades de uso, como as apresentadas nas aplicações já exploradas na ciência. Muitas dessas possibilidades são melhor visualizadas ao se pensar em um sistema completamente desenvolvido com a tecnologia Blockchain e outras são pensadas como sistemas à parte, que dão suporte a determinadas atividades. Sendo assim, buscou-se tratá-las, também, para além das aplicações apresentadas neste trabalho, por meio da observação de suas propriedades técnicas.

As sugestões deste trabalho foram categorizadas com base no modelo apresentado pelo STM (2015): **ideias, descobertas e geração de hipóteses; financiamento e aprovação; condução da pesquisa e divulgação dos resultados.** Optou-se por essa construção, pois tal modelo consegue compreender de modo satisfatório as etapas realizadas em todos os modelos apresentados, não sendo muito específica ou abrangente.

## Ideias, descobertas e geração de hipóteses

Utilização	Breve descrição
Registro de projetos	Projetos de pesquisa podem ser guardados em um Blockchain para permitir que as alterações nos objetivos da pesquisa sejam registradas e identificadas - o que é de grande valia para os casos de projetos financiados. Essa utilização viabiliza a transparência entre a condução da pesquisa realizada pelo pesquisador e instituição financiadora. Ainda é possível garantir que os objetivos não sejam alterados. Isso impede que o projeto não seja simplesmente alterado ao se ter resultados não esperados e previne qualquer tentativa de enviesar a pesquisa. Não se trata de impedir qualquer modificação em projetos de pesquisa (o que engessaria, dificultaria ou mesmo inviabilizaria a sua execução), mas de registrar e documentar qualquer modificação. A ciência busca se aproximar da verdade: deixar marcado o percurso, resultados negativos, tudo isso é de grande valia.
Ciência de dados	A funcionalidade de rastreamento dos processos da pesquisa abre a possibilidade de extração de uma gama de dados que permitiriam conhecer mais a fundo a comunidade científica e a realização da pesquisa.

## Financiamento e aprovação

Utilização	Breve descrição
Sistema de fundos para pesquisa	O pagamento realizado por uma agência financiadora ou empresa patrocinadora da pesquisa pode ser realizado por meio de um sistema Blockchain, com o funcionamento similar aos vistos no decorrer deste trabalho, com a Bitcoin ou, em uma realidade mais próxima, com as aplicações vistas no Pluto e Scienceroor. Toda a troca de valores seria realizada no próprio ambiente do sistema, possibilitando que o recurso seja liberado de acordo com critérios específicos, como cumprimento de prazos e conclusão de etapas.

## Condução da pesquisa

Utilização	Breve descrição
Plataformas colaborativas	As plataformas Pluto e Scienceroor são espaços de trocas de todo tipo entre pesquisadores, para a realização da pesquisa. Nelas é possível disponibilizar qualquer informação que agregue ao progresso científico; também é disponível um ambiente de relacionamento entre diversos outros pesquisadores da área, por meio das funcionalidades de perguntas e respostas, que podem ser úteis na resolução de problemas e no aprimoramento do processo de pesquisa.
Blockchain aplicado à Internet das coisas	O uso de dispositivos desenvolvidos para funcionar em um sistema Blockchain (como microscópios ou scanners), possibilita que a coleta de dados seja armazenada automaticamente. Esses dispositivos podem ser sincronizados instantaneamente, de modo similar aos serviços de armazenamento na nuvem. Para isso seria necessário um sistema em que toda a pesquisa é realizada no próprio ambiente, visto que uma sincronia em um sistema sem o Blockchain não haveria como registrar esses dados permanentemente. Essa aplicação garante, além do rastreamento do levantamento de dados, a disponibilização desses dados, de modo confiável, permitindo a reutilização dos dados brutos e permitindo aspectos como reprodutibilidade da pesquisa.

Rastreamento de contribuição	O Blockchain abre margem para pensar em novas formas de realizar a redação de uma pesquisa. Há a possibilidade da criação de editores de texto online baseados em Blockchain ou até mesmo que os editores de textos utilizados atualmente adotem formatos de arquivo se comuniquem com sistemas Blockchain. Assim, pela capacidade de registro, aliada à assinatura digital, toda a construção da pesquisa pode ser rastreável, permitindo identificar os autores com maior contribuição, o que impossibilitaria a atribuir participação de pesquisadores que efetivamente não se fizeram presentes na elaboração da pesquisa.
------------------------------	--

### Divulgação dos resultados

Utilização	Breve descrição
Publicação anônima	Em casos de resultados polêmicos ou que causem qualquer tipo de constrangimento ao autor, tanto pelo teor do conteúdo quanto pelos resultados, o Blockchain permite que pesquisas possam ser publicadas de modo anônimo com a credibilidade da assinatura digital. Há a ainda a possibilidade da realização de uma ciência totalmente anônima. É o que defende Hanel (2005), com o argumento que cientistas com maior reconhecimento recebem, de forma desproporcional, mais créditos e citações que os com menos reconhecimento, sendo que ambos são igualmente qualificados. Logo, o autor questiona se tal escolha se dá pela qualidade da publicação ou pelo reconhecimento do autor.
Auditoria	Blockchain utilizado como um banco de dados complementar. Guarda todas as interações realizadas dentro do sistema de informação e cumpre sua função mais fundamental: comprovação de acontecimentos. Essa melhoria permite que todos os fatos sejam rastreáveis dentro do sistema, possibilitando comprovações de diversas espécies. O mais importante de tudo é que os acontecimentos, antes disponíveis para visualização somente dos gestores do sistema agora estariam disponíveis para os usuários.
Patentes e direitos autorais	As Inovações geradas da pesquisa podem ser registradas em um sistema Blockchain que, com as devidas regulamentações, pode assumir o papel de patente. Isso significa que o pesquisador, ao realizar uma pesquisa com os requisitos de patenteabilidade, em vez de procurar alguma agência que realiza tal serviço, tem assegurada pelo próprio sistema a sua patente, por meio de um contrato inteligente. Outra mudança seria quanto aos direitos autorais, já que por ser um sistema aberto, o próprio autor é dono de todos os direitos da obra, definindo por si só como a sua obra pode ser utilizada, como ocorre na plataforma Pluto (2018), em que as licenças são definidas pelo próprio autor.
Reprodutibilidade	Em um sistema em que é possível registrar o passo a passo da elaboração da pesquisa, registrando, inclusive, a coleta de dados, seria mais fácil a reprodução da pesquisa. O que se alteraria aqui é que o autor deixaria de submeter somente o texto integral do artigo, mas passaria a enviar conjuntamente todos os arquivos que possibilitaram a sua realização, como imagens, tabelas completas dos resultados, etc. Todos esses arquivos seriam armazenados no próprio sistema e além de se tornarem documentos comprobatórios da integridade da pesquisa, podem tornar mais completa a revisão dos pares. Tal funcionalidade é importante pois permite também que outros pesquisadores entendam de forma mais profunda sobre a realização do trabalho e, a partir disso, possam, se for o caso, reproduzi-lo observando outros aspectos ou até mesmo aprofundando, eliminando a necessidade de levantar os mesmos dados de uma pesquisa já existente.
Revisão por pares	Uma melhoria trazida pela tecnologia seria a transparência e possibilidade de uma avaliação por pares mais rigorosa, pois, por mais que tal avaliação já seja reconhecida pelo seu rigor, sempre há espaço para aprimoramento. Nesse caso, os avaliadores teriam acesso a todos os dados brutos utilizados pelos

	cientistas (como mencionado na sugestão de reprodutibilidade). Avaliadores teriam, então, mais acesso ao percurso, ao processo, às coletas – não simplesmente a um artigo ou trabalho final, o que traria maior subsídio para seus pareceres, sem que se abra mão do anonimato. A identidade dos avaliadores permaneceria anônima, porém, com o uso do Blockchain, seria possível pelo menos a indicação de suas chaves, ou até informações básicas que não revelem sua identidade, mas atribuam mais credibilidade quanto a avaliação, como a especialidade desses validadores.
--	--

Além de tudo o que foi proposto, a tecnologia Blockchain, por suas características, pode até mesmo operar mudanças na lógica das publicações científicas. Hoje, adota-se um modelo baseado em periódicos, revistas que de tempos em tempos lançam edições com artigos acadêmicos. O propósito dessas publicações, no contexto atual, não é somente dar publicidade, como ocorrera no seu início - a internet permite que isso seja feito, de diversas maneiras, sem elas. As revistas se sustentam porque chancelam as pesquisas, as validam. Há um corpo editorial que atesta a relevância e qualidade quando seleciona conteúdo para veicular.

Com uma tecnologia que garante autenticidade, imutabilidade, certificação de autoria e de endosso, há espaço para que se aprimore o sistema, eliminando agentes como os periódicos. Tal aplicação pode ser visualizada com características bastante similares às das plataformas Pluto e Sciencerooot.

As pesquisas podem ser acompanhadas pelos pares, chanceladas por eles - ou por grupos que tenham credibilidade na comunidade científica. A rigor, não haveria necessidade de esperar uma edição específica de um periódico e muito menos de compilar uma série de artigos para poder divulgá-los - pesquisa por pesquisa poderia ser registrada, acompanhada, documentada e validada no próprio ambiente do sistema.

Isso pode gerar maior celeridade na divulgação científica e, conseqüentemente, no progresso da ciência. Não há porque esperar uma chamada para submissão de publicação que vai sair em data específica: a própria comunidade científica pode analisar e avaliar pesquisas, conforme forem sendo produzidas - sem prejuízo ao rigor científico e com confiabilidade.

Uma emissora de televisão hipotética veicula um telejornal às 13h e outro às 20h. Mas se algo incrivelmente impactante ocorrer às 15h, vai interromper a programação e divulgar a informação com urgência. Evidentemente, é uma atividade de natureza diferente, as proporções são outras, mas o princípio é o mesmo: adota-se uma periodicidade definida porque isso organiza e facilita a produção, mas é algo

construído, artificial: o mundo, os acontecimentos, a vida – nada disso respeita essa lógica. O acidente aéreo, o escândalo político, as enchentes não acontecem necessariamente no horário adequado para serem tratados no Jornal Nacional.

A lógica da ciência, nesse aspecto, é parecida: nem sempre uma pesquisa reputada como reveladora e relevante tem resultados no momento em que há uma chamada para artigos de uma revista com reputação. Para esses casos, a TV tem o plantão de notícias, o *breaking News*. Com o Blockchain, a ciência poderia experimentar validações e publicações que ocorrem no tempo das pesquisas, e não das edições dos periódicos. Hoje, uma música não espera mais um álbum completo para ser colocada para o mundo, uma notícia não espera mais o jornal.

#### **4.1. Considerações sobre os desafios encontrados na tecnologia e no seu uso aplicado a comunicação científica**

As possibilidades são diversas e em todas é possível obter melhorias que, embora não sejam revolucionárias, são bem-vindas, pois aperfeiçoam processos específicos da comunicação científica. Muitas dessas propostas vão além de qualquer aplicação vista até então; logo, nesse aspecto, é preciso cautela, vistos os desafios para uma implementação tão robusta.

Conforme apresentado na seção 2.2.3, a tecnologia Blockchain ainda é rondada por diversos desafios e ainda não há respostas quanto às soluções para muitos deles. Não é possível saber se alguns podem ser solucionados com as tecnologias atuais. Essas barreiras acabam refletidas na própria aplicação. É o que se pode perceber na regulamentação de criptomoedas: como seria a regulamentação de uma moeda criada especificamente para a comunicação científica, como ocorre no Pluto ou Scienceroof, em um contexto em que até mesmo criptomoedas como a Bitcoin não são regularizadas? Qual o valor dessas moedas? Como controlar a sua produção? Como retirá-las do ambiente virtual para uso físico?

O mesmo acontece com o uso do Blockchain como um sistema que entre as suas funções, registra patentes. Esse tipo de mudança sugere alterações muito maiores, como, nesse caso, eliminar um agente que tradicionalmente já tem o papel de realizar esse serviço e possui o reconhecimento e confiança pública para tal.

A partir do que foi apresentado, também é possível questionar outros diversos pontos. Entre eles: quais são os impactos trazidos por uma publicação completamente anônima como defendido por Hanel (2005) e possível de ser concretizada com o Blockchain? Como esse novo modo de publicação anônima afetaria os outros canais de comunicação científica, como as conferências? O pesquisador deixaria de receber qualquer crédito por seu trabalho?

Em um contexto sem a presença de periódicos, em que os artigos seriam desenvolvidos e publicados dentro de um sistema criado para assumir essa finalidade, como seria tratada a questão do ineditismo da pesquisa e quem criaria, controlaria e avaliaria esse sistema? Questionamentos desse tipo estão atrelados ao uso do Blockchain para qualquer aplicação e exigem estudos mais profundos do que o que é proposto neste trabalho.

Até mesmo as propriedades do Blockchain, por si só, geram alguns questionamentos, como no caso da imutabilidade. Em um sistema em que as informações não podem ser excluídas ou alteradas, há possibilidade diversas, como a inserção de conteúdo ilegais e a impossibilidade de excluí-los. Além disso, é preciso se pensar como seriam realizadas as verificações de identidade dos usuários cadastrados nesse sistema, desafio que, embora já vencido em aplicações como a Bitcoin, deve ser repensado em uma aplicação científica, visto a necessidade de nesse tipo de sistema haver alguma forma de comprovação de títulos, como nas sugestões de aplicações voltadas às avaliações por pares.

É importante destacar, também, que mudanças tão significativas, como as discutidas aqui, alterariam uma prática tradicional já firmada. Sendo assim, é esperada uma resistência de diversos agentes, como as instituições de pesquisa, editoras científicas e da comunidade científica. Outra possibilidade é que essa tecnologia não atenda como esperado os pontos abordados, deixando brechas não previstas na ideia de aplicação.

Por fim, por mais que as proposições apresentadas neste trabalho permitam imaginar diversos possíveis usos dessa tecnologia em benefício da comunicação científica, é necessário ainda um estudo mais minucioso sobre como tudo isso pode ser feito, além de também ser preciso refletir sobre outras possibilidades de uso não abordadas aqui, que ficam como sugestões de trabalhos futuros. O que se conclui é que essa tecnologia, embora esteja nos seus passos iniciais, é promissora para

desempenhar esse papel de comprovação de acontecimentos, sendo uma tecnologia que se mostra bem-vinda como um instrumento de transparência em sistemas digitais, e não somente na comunicação científica, mas nas mais diversas áreas em que é possível sua aplicação. Após todo este estudo, torna-se mais claro o motivo de tamanho entusiasmo dos autores ao discorrerem sobre o Blockchain, já que em um mundo completamente regido por negócios e, mais especificamente, nesse contexto cada vez mais digital, é necessário pensar em formas de tornar os acordos de todo o tipo, mais seguros e visíveis aos interessados.

## 5. Conclusão

Em um contexto de mundo como o atual, é esperado que a todo momento apareçam e desapareçam tecnologias. Logo, os diversos ramos de serviço têm o dever de se manter atentos aos benefícios trazidos e acompanhar essa evolução. Este estudo teve com objetivo analisar como a tecnologia Blockchain pode colaborar com a comunicação científica, vistas as grandes possibilidades apresentadas e a atenção de diversas áreas da sociedade quanto à adoção dessa tecnologia.

Para isso, a partir dos objetivos específicos, por meio de um levantamento bibliográfico, foi possível compreender a estrutura de todos os objetos estudados, dando insumos para propor aplicações. É possível se pensar em aplicações que abrangem mudanças pontuais e outras com o potencial de alterar todo o processo de comunicação científica realizado atualmente.

Por meio dessa pesquisa foi possível observar que, assim como qualquer sistema, a comunicação científica também pode ser aperfeiçoada. Exemplo disso foram as mudanças ocorridas recentemente com o movimento de acesso aberto.

Por isso, depois de se conceituar a tecnologia Blockchain, apresentando suas características e especificidades, discorreu-se sobre a comunicação científica e sua estrutura, para que, finalmente, fosse possível tratar do uso do Blockchain na comunicação científica. Para tanto, procurou-se mostrar as iniciativas que já são desenvolvidas nesse campo, como os sistemas Pluto e Scienceroor, bem como identificar potencialidades e possibilidades.

Espera-se, portanto, que o conteúdo deste trabalho seja proveitoso na reflexão quanto à evolução da comunicação científica, que adota modelos centenários e teve, com a tecnologia, o aperfeiçoamento da sua realização, bem como a expansão da propagação dos resultados das pesquisas, de modo global e, em muitos casos, sem barreiras. É importante registrar que as reflexões trazidas aqui não pretendem ser conclusivas e de fato não são, já que se trata de um objeto de pesquisa ainda em desenvolvimento e, além disso, com as novas tecnologias, que surgem a todo momento, esse cenário pode ser alterado ainda mais. Contudo, o que se espera é que, com o uso das tecnologias, seja quais forem, seja possível o constante aprimoramento da ciência; almejando práticas transparentes, abertas e democráticas.

## 6. Referências bibliográficas

ALBAGLI, Sarita. Divulgação científica: informação científica para a cidadania?.

**Ciência da Informação**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, dez. 1996. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/639>>. Acesso em: maio. 2018.

ALVES, William Pereira. **Banco de Dados**. São Paulo: Érica, 2014.

AMARO, George. Criptografia simétrica e criptografia de chaves públicas: vantagens e desvantagens. 2009. Disponível em:

<[publica.fesppr.br/index.php/rnti/issue/download/4/33](http://publica.fesppr.br/index.php/rnti/issue/download/4/33)>. Acesso em: abr. 2018.

ANTONOPOULOS, Andreas M. Mastering bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies. Sebastopol: O'Reilly, 2014. 282 p.

BATTISTELLI, Juliana. Os principais conceitos de back-end para começar a desenvolver para web, [201-?]. Disponível em: <

<https://blog.mastertech.tech/tecnologia/os-principais-conceitos-de-back-end-para-comecar-desenvolver-para-web/>>. Acesso em: abr. 2018.

BOUCHER, Philip. How blockchain technology could change our lives. Bruxelas : Scientific Foresight Unit, 2017. 28 p. Disponível em:

<[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/581948/EPRS\\_IDA\(2017\)581948\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/581948/EPRS_IDA(2017)581948_EN.pdf)>. Acesso em: abr. 2018.

BRAGA, Alexandre Melo. Tecnologia Blockchain: fundamentos, tecnologias de segurança e desenvolvimento de software. Campinas: CPQD, [2017?]. Disponível em: <

[https://www.cpqd.com.br/wp-content/uploads/2017/09/whitepaper\\_blockchain\\_fundamentos\\_tecnologias\\_de\\_seguranca\\_e\\_desenvolvimento\\_de\\_softwar\\_FINAL.pdf](https://www.cpqd.com.br/wp-content/uploads/2017/09/whitepaper_blockchain_fundamentos_tecnologias_de_seguranca_e_desenvolvimento_de_softwar_FINAL.pdf)>. Acesso em: abr. 2018.

BRAGA, Alexandre; DAHAB, Ricardo. Introdução à criptografia para programadores.

In: **Caderno de minicursos do XV Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação e Sistema de Computadores**, 15, 2015. Florianópolis, Santa Catarina.

*Anais...* Florianópolis, 09 a 12 de novembro de 2015. Disponível em: <

<http://wiki.inf.ufpr.br/maziero/lib/exe/fetch.php?media=ceseg:2015-sbseg-mc1.pdf>>. Acesso em: abr. 2018.

BRASIL. Comissão realiza audiência para conhecer estudo do Banco Central sobre blockchain. Câmara dos Deputados, 2017. Disponível em: <

<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/CIENCIA-E-TECNOLOGIA/546966-COMISSAO-REALIZA-AUDIENCIA-PARA-CONHECER-ESTUDO-DO-BANCO-CENTRAL-SOBRE-BLOCKCHAIN.html> >. Acesso em: abr. 2018.

BUDAPEST OPEN ACCESS INITIATIVE (BOAI). Read the Budapest Open Access Initiative. 2002. Disponível em:

<<http://www.budapestopenaccessinitiative.org/read>> Acesso em: jan. 2018

CARDOSO, Virgínia; CARDOSO, Michelle. Sistemas de banco de dados: uma abordagem introdutória e aplicada. São Paulo: Saraiva, 2012.

CAREY, John. Scientific communication before and after networked Science. **Information and Culture: a Journal of History**, v. 48, n. 3, p. 344-367, 2013. Disponível em < [https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.br/&httpsredir=1&article=1079&context=hc\\_pubs](https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.br/&httpsredir=1&article=1079&context=hc_pubs)>. Acesso em: maio. 2018.

CARIBÉ, Rita de Cássia do Vale. Comunicação científica: reflexões sobre o conceito. **Informação e Sociedade**, João Pessoa, v 25, n. 3, p. 89-104, dez. 2015. Disponível em: < <http://www.periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/ies/article/view/23109/14530>>. Acesso em: maio. 2018.

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM TELECOMUNICAÇÕES (CPQD). Blockchain: uma visão geral. Campinas: CPQD, [2017?]. 30 p. Disponível em: <<https://www.cpqd.com.br/wp-content/uploads/2017/03/cpqd-whitepaper-blockchain-impresso.pdf>>. Acesso em: abr. 2018.

COSTA, Michelli Pereira da; LEITE, Fernando César Lima. **Repositórios institucionais da América Latina e o acesso à informação científica**. Brasília : IBICT, 2017. 178 p. Disponível em: < <http://repositorio.unb.br/handle/10482/23202>>. Acesso em: abr. 2018.

DELAHUNTY, Steve. Developments And Adoption Of Blockchain In The U.S. Federal Government. Forbes, 2018. Disponível em: < <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/01/25/developments-and-adoption-of-blockchain-in-the-u-s-federal-government/#6f82766b3d99> >. Acesso em: abr. 2018.

FRANCO, Matheus. Sistemas de gerenciamento de banco de dados. São João da Boa Vista: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, 2013. Disponível em: <[http://proedu.ifce.edu.br/bitstream/handle/123456789/354/Sistemas\\_de\\_Gerenciamento\\_de\\_Banco\\_de\\_Dados\\_CAPA\\_ficha\\_20130308.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://proedu.ifce.edu.br/bitstream/handle/123456789/354/Sistemas_de_Gerenciamento_de_Banco_de_Dados_CAPA_ficha_20130308.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: maio. 2018.

G1. Mundo tem 3,2 bilhões de pessoas conectadas à internet, diz UIT. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2015/05/mundo-tem-32-bilhoes-de-pessoas-conectadas-internet-diz-uit.html>>. Acesso em: abr. 2018.

GARVEY, W. D.; GRIFFITH, B. C. Communication, the essence of science, Apêndice A, B. In: GARVEY, W.D. **Communication: the essence of science**. Oxford: Pergamon Press, 1979. p.299.

\_\_\_\_\_. Communication and information processing within scientific disciplines empirical findings for psychology. Information Storage and Retrieval, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 123-136, jun, 1972. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0020027172900411?via%3Dihub>>. Acesso em: maio. 2018

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Cristina Marques. **Comunicação científica**: alicerces, transformações e tendências. Portual : LABCOM Books, 2013. 248 p. Disponível em: <<http://www.labcom-ifp.ubi.pt/livro/105>>. Acesso em: abr. 2018.

GÜNTHER, Vlad; CHIRITA, Alexandru. Scienceroot Whitepaper. 2018. Disponível em: <<https://www.scienceroot.com/resources/whitepaper.pdf>> . Acesso em: jun. 2018.

HANEL, Paul H. P. Why scientific publications should be anonymous. 2015. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1512.05382.pdf>>. Acesso em: jun. 2018.

HURD, J. M. Models of scientific communications systems. In: CRAWFORD, Susan Y.; Hurd, Julie M.; Weller, Ann C. (Org.). **From print to eletronic**. Medford: ASIS, 1996.

\_\_\_\_\_. The transformation of scientific communication: a model for 2020. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 51, n. 14, 2000, p.1279-1283.

INSTITUTE OF INTERNATIONAL FINANCE. Banking on the Blockchain: reengineering the Financial Architecture. 2015. Disponível em: <[https://www.iif.com/system/files/blockchain\\_report\\_-\\_november\\_2015\\_-\\_final\\_0.pdf](https://www.iif.com/system/files/blockchain_report_-_november_2015_-_final_0.pdf)>. Acesso em: abr. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (IBICT). Site oficial, 2018. Disponível em: <<http://www.ibict.br/>>. Acesso em: jun. 2018.

KAMIENSKI, Carlos. et al. Colaboração na Internet e a Tecnologia Peer-to-Peer. In: **XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**, 25, 2005. São Leopoldo, Rio Grande do Sul. **Anais...** São Leopoldo, 22 a 29 de julho de 2005. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/jai/2005/004.pdf>>. Acesso em: abr. 2018.

LEFFINGWELL, Dean; WIDRIG, Don. **Managing software requirements**: a unified approach. Reading, Massachusetts: Addison Wesley, 2000. 491 p.

LEITE, Fernando César Lima. **Modelo genérico de gestão da informação científica para instituições de pesquisa na perspectiva da comunicação científica e do acesso aberto**. 2011. 250 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/9753>>. Acesso em maio. 2018.

LIEVROUW, L. A. Communication and the social representation of scientific knowledge. **Critical Studies in Mass Communication**, Annandale, v. 7, n. 1, p. 1-10, Mar. 1990.

LIEVROUW, L. A. Communication, representation and scientific knowledge: a conceptual framework and case study. **Knowledge and policy: The International Journal of Knowledge Transfer and Utilization**, New Brundwick, v. 5, n. 1, p. 6-28, Spring, 1992.

LOPES, António Daniel da Mota. **VoIP em Redes Peer-to-peer**. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de comunicações) – Universidade do Minho, Braga. Disponível em: <[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/35186/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Ant%C3%B3nio%20D.%20da%20M.%20Lopes\\_2014.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/35186/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Ant%C3%B3nio%20D.%20da%20M.%20Lopes_2014.pdf)>. Acesso em: abr. 2018.

LYNCH, C. **Institutional repositories**: essential infrastructure for scholarship in the digital age. *ARL: A Bimonthly Report*, v. 226. 2003.

MARQUES, Thiago Valentim. **Criptografia**: Uma abordagem histórica, protocolo Diffie-Hellman e aplicações em sala de aula. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em matemática) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br:8080/bitstream/tede/7545/5/arquivototal.pdf>>. Acesso em: abr. 2018.

MATILLA, Juri. The Blockchain Phenomenon: the Disruptive Potential of Distributed Consensus Architectures. **ETLA Working Papers**, Berkeley, n. 38, 2016. Disponível em: <<http://www.brie.berkeley.edu/wp-content/uploads/2015/02/Juri-Mattila-.pdf>>. Acesso em: abr. 2018

MEADOWS, A. J. **A comunicação científica**. Brasília: Brique de Lemos, 1999. 268 p.

MIRANDA, Dely Bezerra de; PEREIRA, Maria de Nazaré Freitas. O periódico científico como veículo de comunicação: uma revisão de literatura. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 375-382, 1996. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/636>>. Acesso em: abr. 2018

MOUGAYAR, William. **Blockchain para negócios**: promessa, prática e aplicações da nova tecnologia da internet. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017. 224 p.

MUELLER, Suzana P. M. A ciência, o sistema de comunicação científica e a literatura científica. In: CAMPELO, B. S.; CENDÓN, B. V.; KREMER, J. M. (Org.) **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

\_\_\_\_\_. A comunicação científica e o movimento de acesso livre ao conhecimento. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 27-38, maio/ago. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/ci/v35n2/a04v35n2.pdf>>. Acesso em: abr. 2018.

MUELLER, Suzana P.M.; CARIBÉ, Rita de Cássia do Vale. Comunicação científica para o público leigo: breve histórico. **Informação & Informação**, [S.l.], v. 15, n. 1esp,

p. 13-30, dez. 2010. Disponível em:  
<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/6160>>. Acesso em:  
abr. 2018.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: A Peer-to-Peer Eletronic Cash System. 2008. 9 p.  
Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>. Acesso em: fev. 2018.

NARAYANAN, Arvind et al. **Bitcoin and cryptocurrency technologies: a**  
Comprehensive Introduction. Princeton: Princeton University Press, 2016. 336 p.

NOVACK, Janet. The Forbs finthechs 50 for 2018. Disponível em:  
<<https://www.forbes.com/sites/janetnovack/2018/02/13/the-forbes-fintech-50-for-2018/#4db049a65582>>. Acesso em abr. 2018.

O`BRIEN, James A. **Sistemas de informação: e as decisões gerenciais na era da**  
internet. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro. Comunidades científicas e infra-estrutura  
tecnológica no Brasil para uso de recursos eletrônicos de comunicação e informação  
na pesquisa. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 32, n. 3, 2003. Disponível em:  
<<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/990/1035>>. Acesso em: abr. 2018.

PLUTO. 2018. Disponível em: <<https://pluto.network/>>. Acesso em jan. 2018.

\_\_\_\_\_. Pluto: breaking down the barriers in academia. 2018. Disponível em:  
<[https://assets.pluto.network/Pluto\\_white\\_paper\\_v04\\_180108\\_2130\\_BSH.pdf](https://assets.pluto.network/Pluto_white_paper_v04_180108_2130_BSH.pdf)>.  
Acesso em: jun. 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e**  
técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed.– Novo Hamburgo:  
Universidade Feevale, 2013. Disponível em:  
<<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: maio.  
2018

REINO UNIDO. Government explores blockchain technology to improve public  
services. Governo do Reino Unido, 2016. Disponível em: <  
<https://www.gov.uk/government/news/government-explores-blockchain-technology-to-improve-public-services>>. Acesso em: abri. 2018.

RIBEIRO, Sérgio Luis. Tecnologia Blockchain: aplicações e iniciativas. Campinas:  
CPQD, [2017?]. 32 p. Disponível em: <[https://www.cpqd.com.br/wp-content/uploads/2017/09/whitepaper\\_aplicacoes\\_e\\_iniciativas\\_final.pdf](https://www.cpqd.com.br/wp-content/uploads/2017/09/whitepaper_aplicacoes_e_iniciativas_final.pdf)>. Acesso  
em: abr. 2018.

ROOSEDAAL, H.E.; GEURTS, P.A.T.M. **Forces and functions in scientific**  
**communication: an analysis of their interplay.** 1998.

ROSSUM, Joris Van. Blockchain for research: perspectives on a new paradigma for  
scholarly communication. Londres : Digital Science, 2017. 17 p. Disponível em:

<[https://figshare.com/articles/Blockchain\\_for\\_Research/5607778/1](https://figshare.com/articles/Blockchain_for_Research/5607778/1)>. Acesso em: nov. 2017.

RUSSIANO, Margarida Barreiros. **Bitcoin**: uma moeda para a era digital. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado em estratégia de investimento e internacionalização) - Instituto Superior de Gestão. Lisboa. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/22239>>. Acesso em: abr. 2018.

SAP. Blockchain e tecnologia de banco de dados distribuído. 2018. Disponível em: <<https://www.sap.com/brazil/products/leonardo/blockchain.html>>. Acesso em: abr. 2018.

SCHWEITZER, Fernanda. et, al. Comunicação científica e as tecnologias de informação e comunicação. **Comunicação e Sociedade**, São Paulo, v. 32, n. 55, 2011. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/CSO/article/view/1633>>. Acesso em: abr. 2018.

SCIENCEROOT. Disponível em: <<https://www.scienceroot.com/>>. Acesso em jan. 2018.

SEMIR, V. de. Aproximación a la historia de la divulgación científica. Quark, Barcelona, n. 26, oct. / dic. 2002.

SOUZA, M. P. N. Efeitos das tecnologias da informação na comunicação de pesquisadores da Embrapa. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 135-143, abr. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652003000100013&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652003000100013&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: abr. 2018.

SPRINGER LINKS. Retraction Note to multiple articles in Tumor Biology. 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13277-017-5487-6>>. Acesso em: jun. 2018.

STM. The STM report: an overview of scientific and scholarly journal publishing. 4. Ed. 2015. Disponível em: <[https://www.stm-assoc.org/2015\\_02\\_20\\_STM\\_Report\\_2015.pdf](https://www.stm-assoc.org/2015_02_20_STM_Report_2015.pdf)> Acesso em: jun. 2018.

STAIR, Ralph M.; REYNOLDS, George W. **Princípios de sistemas de informação**. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

STALLING, William. **Criptografia e segurança de redes**: princípios e práticas. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. 578 p.

SWAN, Melanie. **Blockchain**: blueprint for a new economy. Sebastopol: O`Reilly, 2015. 128 p.

TARGINO, Maria das Graças. Comunicação científica: uma revisão dos seus elementos básicos. **Informação e Sociedade**, João Pessoa, v. 10, n. 2, p. 1-27, 2000. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/326>>. Acesso em: maio. 2018.

ULRICH, Fernando. **Bitcoin**: a moeda na era digital. São Paulo: Instituto Ludwig Von Misses Brasil, 2014. 100 p.

VALÉRIO, Palmira Moricooni; PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro. Da comunicação científica à divulgação. **TransInformação**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 159-168, maio/ago, 2008. Disponível em <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/transinfo/article/view/532>>. Acesso em: maio. 2018.

WANG, Ping; ASLAM, Baber; ZOU, Cliff C. Peer-to-peer botnets. In: Stavroulakis P., Stamp M. (Org.). **Handbook of Information and Communication Security**. Springer: Berlin, 2010. Disponível em: <<http://cs.ucf.edu/~czou/research/P2PBotnets-bookChapter.pdf>>. Acesso em: maio. 2018.

ZIMAN, J. **A força do conhecimento**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1981.

\_\_\_\_\_. An introduction to Science studies: the philosophical and social aspects of Science and technology. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

ZOGBI, Paula. Governo chileno vai usar Blockchain do Ethereum na área de energia. InfoMoney, 2018. Disponível em: <<http://www.infomoney.com.br/negocios/inovacao/noticia/7371656/governo-chileno-vai-usar-blockchain-ethereum-area-energia>>. Acesso em: abr. 2018.