

TECNOLOGIAS EMERGENTES: O IMPACTO DO BLOCKCHAIN E DOS CONTRATOS INTELIGENTES NO COMÉRCIO INTERNACIONAL

Data de submissão: 24/01/2025

Data de aceite: 05/02/2025

Michelle Santos Ferreira

Daiane Rodrigues dos Santos

RESUMO: O comércio internacional constitui, atualmente, um pilar da economia global, facilitando a troca de bens e serviços entre países e impulsionando o crescimento econômico mundial. Contudo, apesar das evoluções significativas nos processos comerciais, a atividade ainda enfrenta desafios como a burocracia excessiva, custos elevados, a falta de transparência além da complexidade regulatória. Nos últimos anos, novas tecnologias surgiram como soluções para mitigar esses problemas. Entre elas, o blockchain e os contratos inteligentes destacam-se como ferramentas iminentes para tornar o processo de exportação e importação mais eficiente, econômico e transparente, ao mesmo tempo que promovem maior agilidade nas transações internacionais. O presente artigo explora o impacto dos contratos inteligentes na segurança e eficiência das transações comerciais, destacando sua capacidade de executar automaticamente condições pré-estabelecidas. A incorporação de algoritmos

criptográficos pode ser usada na proteção contra fraudes e ataques cibernéticos. Além disso, o estudo aborda como a tecnologia blockchain aprimora a gestão da cadeia de suprimentos, oferecendo rastreabilidade em tempo real e aumentando a transparência. O artigo também analisou a flexibilidade dos contratos inteligentes, que podem ser personalizados e atualizados de forma modular para atender às diversas necessidades do comércio internacional, sem a necessidade de renegociações extensivas.

PALAVRAS-CHAVs: Contratos Inteligentes, Blockchain, Inovação, Exportações.

1 | INTRODUÇÃO

O comércio internacional é uma parte importante da economia global, pois permite a troca de bens e serviços entre nações e o impulso ao crescimento econômico mundial. No entanto, embora tenhamos vividos evoluções importantes no processo comercial, a atividade enfrenta questões importantes, incluindo burocracia, custos elevados, falta de transparência e complexidade regulatória. As novas

tecnologias têm ajudado a resolver esses problemas nos últimos anos. O *blockchain* e os contratos inteligentes são ferramentas que podem ajudar a facilitar, baratear e tornar mais ágil e transparente o processo de exportação e importação. Os contratos inteligentes, programas autoexecutáveis em rede e o *blockchain*, uma tecnologia de registro distribuída, prometem mudar a maneira como as transações internacionais são feitas, eles podem facilitar as exportações e aumentar a eficiência, a segurança e a transparência, bem como suas consequências para o futuro do comércio internacional.

O presente artigo tem como objetivo examinar e demonstrar a relevância das tecnologias blockchain e contratos inteligentes na promoção da inovação e na simplificação do comércio internacional. Para alcançar esse objetivo, foi utilizado o método bibliográfico, abrangendo pesquisas em artigos científicos, livros e sites. O estudo aborda questões essenciais, como a definição de Blockchain e Smart Contracts, a importância dessas tecnologias para facilitar o comércio internacional, as vantagens que elas oferecem em conjunto para esse setor.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Devido à crescente interdependência entre as nações, aos avanços nas tecnologias de transporte e comunicação e à liberalização das políticas comerciais, a expansão do comércio global tem sido uma força impulsionadora fundamental para o crescimento da economia mundial. A Organização Mundial do Comércio (OMC) é um exemplo de uma organização que ajudou a contribuir para o crescimento exponencial do comércio internacional desde o início da Revolução Industrial. De acordo com o Statista¹, em 2022, o valor do comércio global de bens exportados em todo o mundo totalizou aproximadamente 24,9 trilhões de dólares americanos a preços atuais, um aumento em comparação aos cerca de 6,45 trilhões de dólares americanos em 2000. Esse crescimento reflete os desenvolvimentos no comércio internacional, a globalização e os avanços tecnológicos que têm facilitado a movimentação de bens e serviços entre as nações. Em 2021, a China destacou-se como a maior fonte de bens exportados em todo o mundo, com exportações totais de mercadorias avaliadas em aproximadamente 3,37 trilhões de dólares americanos, representando quase 15% de todos os bens comerciais exportados globalmente. Os Estados Unidos, por sua vez, foram o segundo maior exportador de bens naquele ano e o maior importador de mercadorias do mundo, sendo responsáveis por 13% das importações mundiais de mercadorias.

No entanto, apesar desses avanços, o comércio internacional ainda enfrenta problemas complicados, como uma burocracia excessiva, altos custos transacionais, falta de transparência e disparidades regulatórias entre países. De acordo com o Banco Mundial (2021), os custos comerciais são elevados: em média, duplicam o custo dos bens

¹ <https://www.statista.com/statistics/264682/worldwide-export-volume-in-the-trade-since-1950/>

comercializados internacionalmente em comparação com os bens nacionais. A maior parte dos custos comerciais são incorridos em transporte e logística, bem como procedimentos e processos comerciais complicados dentro e fora da fronteira.

A tecnologia blockchain pode trazer benefícios para o comércio internacional e revolucionar a forma como as transações comerciais são realizadas nessas situações. O blockchain, uma tecnologia de registro distribuído, oferece uma plataforma segura, transparente e imutável para o registro de transações, Sarmah (2018). Isso elimina a necessidade de intermediários e reduz significativamente os custos operacionais. Além disso, os contratos inteligentes, que são programas compatíveis com a tecnologia blockchain, apresentam erros e atrasos, garantindo que os termos dos contratos sejam executados automaticamente e precisamente.

Gomes et al. (2023), analisou e apresentou um mapeamento científico e tecnológico da tecnologia Blockchain, evidenciando sua evolução, versatilidade e aplicações em diversas áreas. Além disso, buscou classificar as patentes, destacando os setores mais relevantes e identificando os principais inventores e depositantes envolvidos com essa tecnologia. A pesquisa é de natureza quantitativa e aplicada, focando na tecnologia blockchain através de métodos de monitoramento tecnológico. A investigação foi conduzida utilizando documentos científicos da base de dados Scopus. Para os documentos de patentes, utilizou-se a ferramenta Questel-Orbit, que abrange publicações de 87 escritórios nacionais e 6 escritórios regionais. A pesquisa de patentes identificou 4.897 patentes relacionadas à tecnologia blockchain, mostrando um aumento significativo de documentos a partir de 2015. O maior número de patentes em relação aos artigos científicos pode ser atribuído ao crescente interesse do mercado por essa tecnologia. Estados Unidos e China são os países com o maior número de artigos e depósitos de patentes, com grandes organizações se destacando entre os depositantes. Isso mostra que a tendência tecnológica indica uma maior convergência entre blockchain e Internet das Coisas para proteção de dados, além de mais oportunidades de investimentos e ofertas na indústria financeira.

Lima (2022), investigou a utilização da tecnologia blockchain em novas formas de negócios. Para isso, foram utilizados métodos de coleta de dados, incluindo a revisão de literatura em artigos de revistas científicas e dados de órgãos relevantes na área. A análise dos dados revelou a aplicação da tecnologia blockchain em vários setores, como finanças, segurança, autenticação, arte e computação. Observou-se que a produção de literatura sobre o tema no meio acadêmico geralmente foca em outros tipos de tecnologias já estudadas na área de computação.

Silva (2022), analisou a tecnologia dos Contratos Inteligentes (*smart contracts*) e suas implicações desde sua criação até os dias atuais. Utilizando a revisão bibliográfica como metodologia dedutiva, foi possível chegar à hipótese de que, embora os Contratos Inteligentes representem um grande avanço para as novas relações contratuais, existem limitações para sua efetiva aplicação, essas limitações podem decorrer tanto da falta de

regulamentação estatal quanto das próprias limitações do intelecto humano. No entanto, o ordenamento jurídico brasileiro possui a capacidade de absorver essa modalidade contratual, mesmo que sua exteriorização ocorra por meio de máquinas (programas computacionais).

3 | CENÁRIO ATUAL DO COMÉRCIO INTERNACIONAL E SEUS DESAFIOS.

O comércio internacional enfrenta diversos desafios, especialmente nas áreas de negociação, contratos e transporte. Na negociação, as diferenças culturais podem impactar significativamente os processos, uma vez que normas, valores e práticas comerciais variam amplamente entre os países, levando a possíveis mal-entendidos e conflitos. Hofstede, Hofstede e Minkov (2010) exemplificam que a comunicação direta pode ser vista como assertiva em alguns países e rude em outros. Além disso, as barreiras linguísticas complicam as negociações, aumentando o risco de mal-entendidos e erros, embora o uso de intérpretes possa ajudar, mas com custos adicionais.

Nos contratos, as diferenças legais e regulatórias entre os países são um grande desafio. As leis que governam os contratos comerciais, incluindo direitos de propriedade e leis de insolvência, podem variar significativamente, o que pode resultar em disputas jurídicas. Berger (2010) observa que, por exemplo, um contrato válido em um país pode não ter a mesma força legal em outro. O risco de cumprimento é outro problema, especialmente em jurisdições onde a aplicação das leis é fraca ou a corrupção é prevalente. Cláusulas de arbitragem internacional e a escolha de jurisdições neutras podem ajudar a mitigar esses riscos.

No transporte, a infraestrutura logística é um fator crítico. A qualidade das estradas, portos e aeroportos varia entre os países, impactando a eficiência e o custo do transporte internacional. Rodrigue (2020) destaca que países com infraestrutura deficiente podem enfrentar atrasos, aumentando os custos e os riscos associados ao transporte de mercadorias. Além disso, as regulamentações alfandegárias e as tarifas podem complicar o transporte, adicionando custos e tempo ao processo de importação e exportação. As mudanças frequentes nas políticas comerciais também criam incertezas para as empresas, dificultando o planejamento e a execução logística.

4 | A IMPORTÂNCIA DO BLOCKCHAIN E DO SMART CONTRACT PARA A FACILITAÇÃO DO COMÉRCIO INTERNACIONAL.

A tecnologia blockchain e os contratos inteligentes destacam-se por sua significativa relevância no comércio internacional por diversas razões. Conforme salientado por Tapscott e Tapscott (2016), o blockchain oferece um nível elevado de transparência e confiança, ao registrar todas as transações de forma imutável e acessível, o que efetivamente reduz a incidência de fraudes e mal-entendidos. As informações registradas são verificáveis

por todos os participantes, assegurando, assim, a integridade dos dados. O blockchain notabiliza-se também por eliminar a necessidade de intermediários, como bancos e notários, viabilizando transações diretas entre as partes envolvidas. Essa característica contribui para a redução de custos e acelera a negociação e a execução de contratos, sendo especialmente vantajosa em contextos internacionais complexos. Tapscott e Tapscott apontam ainda que os contratos inteligentes, que são programas autoexecutáveis operando no blockchain, asseguram a execução automática dos termos acordados quando as condições preestabelecidas são cumpridas, minimizando atrasos e erros. Ademais, esses contratos facilitam a conformidade legal, ao apresentar termos codificados e transparentes para todas as partes envolvidas no processo.

No âmbito do transporte, destaca-se que a tecnologia blockchain pode aprimorar a rastreabilidade e a eficiência logística, possibilitando o monitoramento em tempo real das mercadorias ao longo de toda a cadeia de suprimentos, desde sua origem até o destino final (Figura 1). Essa capacidade não só diminui perdas e atrasos, mas também facilita o cumprimento das regulamentações alfandegárias, conforme mencionado por De Filippi (2018). A imutabilidade e a verificabilidade dos registros no blockchain asseguram que os contratos e transações sejam juridicamente vinculantes e facilmente auditáveis. Tal característica contribui para a redução de disputas e simplifica a resolução de conflitos, uma vez que os termos e a execução dos contratos são verificáveis de maneira transparente.

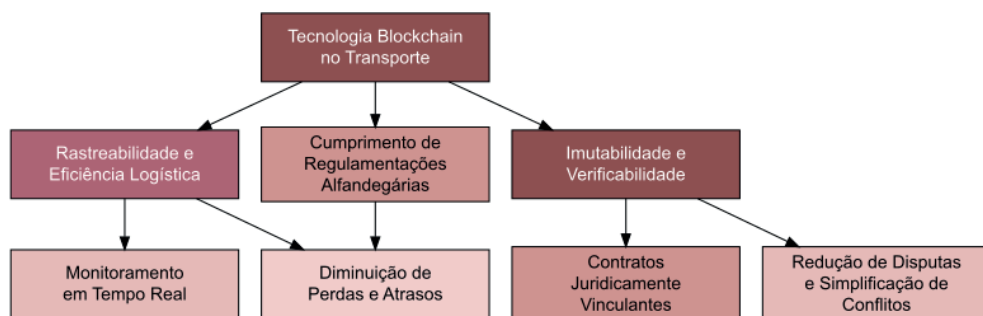


Figura 1 – Possíveis melhorias da aplicação da tecnologia Blockchain no Transporte de Mercadorias

Fonte: Elaboração Própria

No blockchain, a criptografia de chave pública e privada é primordial para garantir a segurança das transações, cada usuário possui um par de chaves criptográficas: uma chave pública e uma chave privada. A chave pública é usada para receber dados e transações, ela pode ser compartilhada abertamente e associada a um endereço no blockchain, em contrapartida, a chave privada é um segredo exclusivo do usuário que é utilizada para assinar digitalmente transações (ANTONOPOULOS, 2017).

Quando uma transação é realizada, ela é assinada digitalmente com a chave privada do remetente, essa assinatura garante que a transação foi autorizada pelo legítimo

proprietário dos fundos ou dados, e a chave pública do destinatário permite verificar a autenticidade dessa assinatura. Esse processo impede que qualquer pessoa que não possua a chave privada autorize transações em nome do proprietário, protegendo contra fraudes e acessos não autorizados, além disso, a impossibilidade de reverter a chave privada a partir da chave pública assegura que a segurança da chave privada é mantida (NARAYANAN et al., 2016).

No domínio do blockchain, as funções hash desempenham um papel de garantia da segurança e integridade dos dados. Estas funções criptográficas operam como algoritmos que convertem dados, como textos ou arquivos, em sequências de caracteres de comprimento fixo, servindo como uma impressão digital única para cada conjunto de dados. Tal característica é irreversível, o que significa que não é possível reverter o hash para acessar os dados originais, contribuindo assim para a proteção das informações. Adicionalmente, as funções hash são projetadas para evitar colisões, assegurando que entradas distintas não gerem o mesmo resultado (Figura 2). Isso é complementado pela sensibilidade a alterações: qualquer modificação nos dados originais resulta em um hash completamente diferente. Esta propriedade é crucial para a detecção de mudanças e manutenção da integridade dos dados ao longo de sua utilização (STINSON; PATERSON, 2018).

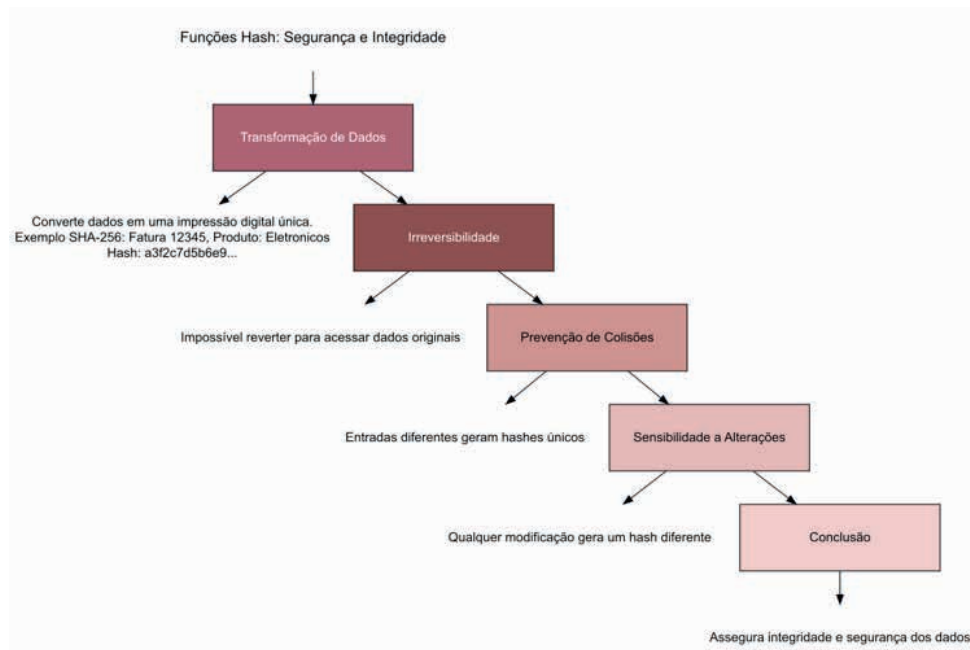


Figura 2 – Propriedades das Funções Hash e sua Aplicação na Segurança e Integridade dos Dados

Fonte: Elaboração Própria

A Figura 2 ilustra, de maneira hierárquica e sistemática, os principais conceitos

relacionados às funções hash, destacando sua aplicação na segurança e integridade dos dados. No topo, a transformação de dados é apresentada como o processo inicial, no qual as informações são convertidas em uma impressão digital única, exemplificada pelo uso do algoritmo SHA-256 aplicado a uma fatura de exportação. Destaca-se que a sensibilidade a alterações é apresentada como uma propriedade importante, demonstrando que qualquer modificação nos dados originais resulta em um hash completamente diferente.

Os *smart contracts* têm o potencial de reduzir os custos operacionais no comércio internacional, eliminando intermediários e automatizando processos, exclusivamente, o comércio internacional envolve diversas partes, como bancos, seguradoras e agentes de transporte, além de uma grande quantidade de documentos físicos, como faturas e contratos, o que gera custos elevados em taxas bancárias e de papelada. Com os contratos inteligentes, muitas dessas etapas são automatizadas, eliminando a necessidade de intermediários financeiros e de terceiros, como bancos que cobram taxas de processamento.

Além disso, como já foi citado antes, o uso de blockchain garante a segurança e a integridade das transações, o que reduz também os custos com auditorias e validação de documentos, ao mesmo tempo que elimina a necessidade de armazenar ou gerenciar documentos físicos, diminuindo os custos com papelada. A automação dessas transações e a execução automática das cláusulas dos contratos podem resultar em menor necessidade de envolvimento humano, evitando erros manuais e acelerando as operações (Binance Academy, 2023). Outro benefício importante é a redução de tempo nas transações, já que os *smart contracts* operam de maneira autônoma e são executados automaticamente quando todas as condições previstas são atendidas, isso é particularmente vantajoso no setor de pagamentos internacionais, onde os contratos inteligentes podem substituir o papel dos bancos na intermediação, reduzindo as taxas e o tempo de processamento dos pagamentos (Investopedia, 2023).

Cabe ressaltar que a automação de processos e a eliminação de intermediários aceleram transações ao reduzir etapas manuais e burocráticas, ela melhora o rastreamento de mercadorias e o gerenciamento de estoques em tempo real, permitindo ajustes rápidos para evitar atrasos. Ferramentas como a de Inteligência Artificial e análise de dados também otimizam rotas e tempos de entrega. A tecnologia abordada nesse artigo garante mais transparência e segurança nas transações, reduzindo fraudes e acelerando a execução de contratos. Em mercados onde o tempo é um fator crítico, como o de produtos perecíveis ou de ciclos curtos, a automação pode ser decisiva para o sucesso dos negócios. Essas melhorias são particularmente vantajosas em setores como tecnologia, comércio eletrônico, alimentos e moda, onde a agilidade no processo de transação e logística pode determinar a competitividade da empresa (Deloitte; McKinsey & Company; Harvard Business Review 2024).

O blockchain pode oferecer um bom desempenho na promoção da interoperabilidade e padronização entre diferentes sistemas financeiros e de logística, facilitando transações

internacionais de maneira mais eficiente e segura, essas características são fundamentais para criar um ambiente global em diferentes plataformas, redes e entidades que possam interagir e se comunicar de forma harmoniosa (SWANSON, 2015).

Destaca-se que a interoperabilidade tem à capacidade de utilizar sistemas distintos que operem em conjunto, mesmo quando utilizam tecnologias, protocolos ou regras diferentes. Dentro do blockchain, isso significa que diversas redes podem compartilhar dados e executar transações sem a necessidade de intermediários, confiando em uma infraestrutura comum. Outro fato importante é que o blockchain pode conectar redes financeiras tradicionais com novas plataformas descentralizadas, promovendo um ambiente de integração entre bancos e empresas de logística, isso ajuda a reduzir barreiras regionais e tecnológicas, permitindo transações internacionais mais rápidas e seguras (MOUGAYAR, 2016). A padronização, por sua vez, é fundamental para garantir que diferentes sistemas sigam um conjunto de regras e normas comuns, facilitando a integração e o cumprimento de regulações. O blockchain, ao ser adotado globalmente, incentiva a criação de protocolos padronizados para transações, sejam elas financeiras ou logísticas. Esses protocolos garantem que todas as partes envolvidas em uma transação sigam as mesmas regras, independentemente de sua localização ou sistema de origem (TAPSCOTT; TAPSCOTT, 2016).

Além disso, o blockchain pode promover a padronização no registro e compartilhamento de dados, as informações armazenadas em uma rede blockchain são imutáveis e acessíveis a todas as partes autorizadas, criando uma fonte única de verdade, sendo essencial em transações internacionais, onde diferentes sistemas de logística e financeiros precisam trabalhar com os mesmos dados em tempo real. A padronização dos dados permite que mercadorias e valores sejam rastreados de forma eficiente ao longo de toda a cadeia de suprimentos, garantindo maior transparência e diminuindo o risco de fraudes (DRESCHER, 2017).

A aplicação mais conhecida do blockchain é no campo das criptomoedas, como o Bitcoin e o Ethereum, onde ele é usado para registrar transações financeiras, An, *et al.* (2021). Também é utilizada nos *smart contracts* que são autoexecutáveis que operam no blockchain, executando automaticamente termos contratuais quando condições pré-definidas são atendidas. Ademais, o blockchain pode rastrear a movimentação de bens ao longo da cadeia de suprimentos, aumentando a transparência e a eficiência, conhecido como gestão da cadeia de suprimentos. Da mesma forma, pode ser usado para criar registros imutáveis de propriedade, como imóveis e direitos autorais, reduzindo fraudes e disputas, conhecido como registros de propriedade. Por fim, ele oferece uma maneira segura e imutável de gerenciar identidades digitais, protegendo contra roubo de identidade e fraudes.

Szabo (1994), descreve *smart contract* como protocolos computacionais que facilitam, verificam ou fazem cumprir a execução de um contrato, permitindo assim que as

transações sejam realizadas sem a necessidade de intermediários, ou seja, são programas autoexecutáveis que operam em uma blockchain, onde os termos do acordo entre comprador e vendedor são diretamente escritos em linhas de código. O *smart contract* tem algumas características específicas de como funciona, ele opera através da especificação do contrato, os termos e condições são definidos e codificados em uma linguagem de programação específica, isso inclui as regras e penalidades aplicáveis, como em qualquer contrato tradicional.

De acordo com Antonopoulos (2014) os *smart contracts* são auto-executáveis, o que significa que, uma vez programado e acordado pelas partes envolvidas, o contrato realiza automaticamente as ações previstas. Por exemplo, em uma compra online, assim que o pagamento é efetuado, o produto é imediatamente liberado para o comprador, sem a necessidade de intervenção humana após o início do contrato, essa característica garante uma relação direta de causa e efeito. Em segundo lugar, os contratos inteligentes são seguros e imutáveis, pois são armazenados em servidores que garantem a segurança dos dados, muitas vezes utilizando a tecnologia blockchain, isso significa que, uma vez criado, o contrato não pode ser alterado por ninguém, assegurando que ele será executado exatamente como acordado, sem risco de manipulação. As partes envolvidas podem confiar que o contrato cumprirá fielmente os termos estabelecidos. Sua estrutura permite a confidencialidade e a personalização, apenas as partes envolvidas podem acessar e modificar o contrato, que é possível definir quais instituições poderão visualizar as informações do contrato, garantindo a confidencialidade dos dados, o contrato pode ser assinado digitalmente, assegurando sua autenticidade. Outra vantagem é a possibilidade de personalização do contrato para atender melhor às necessidades específicas das partes, tornando o acordo final o melhor possível para todos os envolvidos, com a maior segurança disponível.

4.1 Smarts Contracts - Um exemplo de funcionamento.

Os pilares do *blockchain* se baseiam em: *ledger* distribuído, que garante a transparência e imutabilidade da informação; criptografia, a qual mantém a privacidade e segurança transacional, paralelamente, os *smart contract* contém dados de forma automatizada e autorregulada, assim como consenso, responsável por conferir estabilidade e validação distributiva transacional (MADEIRA, 2018). Assim, o *smart contract* são programas autônomos que executam automaticamente ações predefinidas quando certas condições são atendidas. Eles são executados em blockchains, como Ethereum, e eliminam a necessidade de intermediários para validar ou executar um contrato.

A Tabela 1 apresenta o processo de compra de mercadorias entre a empresa Império e a empresa Motors, destacando a aplicação inovadora de contratos inteligentes na blockchain. Inicialmente, são estabelecidas as condições contratuais, nas quais a

Império se compromete a pagar 100 unidades de criptomoeda à Motors após a entrega das mercadorias. Este acordo é então traduzido em um contrato inteligente, que é um tipo de código que automatiza a execução dos termos acordados. Ao implantar esse contrato na blockchain da Ethereum, por exemplo, a segurança e a transparência da transação são garantidas devido à natureza descentralizada e imutável da plataforma. Ressalta-se que no momento da execução, assim que a Motors confirma digitalmente a entrega, o contrato inteligente realiza a transferência automática do pagamento eliminando a necessidade de intervenção humana ou intermediários. Finalmente, a rede de blockchain verifica e valida toda a transação, assegurando que tudo foi conduzido conforme o previsto.

Aspecto	Descrição
Condições do Contrato	A empresa Império pagará à empresa Motors 100 unidades de criptomoeda quando a empresa Motors entregar as mercadorias;
Codificação	Esse acordo é codificado em um contrato inteligente; Implantação na Blockchain: O contrato é implantado na blockchain de Ethereum;
Implantação na Blockchain	O contrato é implantado na blockchain da Ethereum ou de uma outra empresa que forneça essa tecnologia;
Execução	Quando a empresa Motors entrega as mercadorias e a entrega é confirmada (método de verificação digital), o contrato inteligente automaticamente transfere 100 unidades de criptomoeda da empresa Império para a empresa Motors;
Verificação	Toda a rede na blockchain verifica e valida a transação, garantindo que ela foi executada conforme os termos codificados no contrato.

Tabela 1 - Etapas de compra de mercadorias, da empresa Império com a empresa Motors.

Fonte: Elaboração própria

Usando a linguagem Python, o pseudocódigo apresentado no Quadro 1 simula um contrato inteligente para a compra de mercadorias brasileiras por uma empresa chinesa. Ao eliminar a necessidade de intermediários e garantir a execução precisa dos termos acordados, este contrato automatiza o processo de compra e venda. O contrato primeiro identifica as partes envolvidas, a mercadoria, o preço (em unidades de criptomoeda) e as partes envolvidas. A função “iniciar_contrato” inicia o contrato e mostra os detalhes do contrato. A função confirmar_entrega verifica a entrega da mercadoria e atualiza seu status. Se a mercadoria for entregue, a função liberar_pagamento verifica o status da entrega e libera automaticamente o pagamento. Isso garante que o dinheiro seja transferido apenas após a confirmação da entrega.

Pseudocódigo em python para um smart contract

```
# Definição das partes envolvidas
comprador = "Empresa Império Brasileira"
vendedor = "Empresa Motors China"
mercadoria = "Descrição da Mercadoria"
preco = 100 # Valor da mercadoria em unidades de moeda
status_entrega = False

# Função para iniciar o contrato
def iniciar_contrato(comprador, vendedor, mercadoria, preco):
    print("Contrato iniciado entre", comprador, "e", vendedor)
    print("Mercadoria:", mercadoria)
    print("Preço:", preco, "unidades de moeda")

# Função para confirmar a entrega da mercadoria
def confirmar_entrega():
    global status_entrega
    status_entrega = True
    print("Entrega confirmada pela", vendedor)

# Função para liberar o pagamento
def liberar_pagamento():
    if status_entrega:
        print("Pagamento de", preco, "unidades de criptomoeda liberado para", vendedor)
    else:
        print("Entrega não confirmada. Pagamento não liberado.")

# Função principal do smart contract
def executar_contrato():
    # Iniciar o contrato
    iniciar_contrato(comprador, vendedor, mercadoria, preco)

    # Simulação de entrega da mercadoria
    confirmar_entrega()

    # Liberação de pagamento após confirmação da entrega
    liberar_pagamento()

# Execução do smart contract
executar_contrato()
```

Quadro 1 - Pseudocódigo de um smart contract para a compra de mercadorias brasileiras por uma empresa chinesa.

Fonte: Elaboração própria

As informações do contrato devem ser mantidas pelos agentes ao longo de sua vigilância. Inicialmente, uma empresa chinesa e uma empresa brasileira concordam com os termos do contrato, que incluem o preço e a descrição das mercadorias. Durante a fase de negociação e criação do contrato inteligente, ambas as partes incluem essas informações no contrato. Além disso, a encomenda e a implantação do contrato inteligente são responsabilidades de um desenvolvedor ou administrador do contrato inteligente. Este indivíduo estabelece as funções iniciais e determina variáveis como preço, mercadoria, comprador e vendedor. O vendedor (a empresa brasileira) usa a função “confirmar_entrega” para confirmar a entrega após a entrega. A atualização do status de entrega no contrato inteligente para True é feita por esta ação. O vendedor pode confirmar manualmente ou

automaticamente usando um sistema de seleção digital integrado, como sensores IoT que confirmam a entrega. Este passo é fundamental porque garante que a mercadoria foi recebida conforme acordado antes do pagamento. O contrato inteligente executa automaticamente a função `liberar_pagamento` quando o status de entrega é atualizado para `True`. Como o processo é programado para liberar os fundos automaticamente assim que a condição de entrega for atendida, não há necessidade de intervenção humana. A automatização desse processo permite uma transação segura e eficiente, exigindo a necessidade de intervenção humana.

O código do contrato inteligente pode ser implantado em várias plataformas de blockchain após sua criação, cada uma com suas próprias características, que podem ser usadas para atender a diferentes necessidades do projeto. Por exemplo, Ethereum, que usa a linguagem Solidity e tem uma grande comunidade de desenvolvedores, é a plataforma mais popular para contratos inteligentes. A Binance Smart Chain é uma outra opção para projetos que precisam de alta escalabilidade. A BSC emprega um modelo de consenso conhecido como Prova de Autoridade Staked (PoSA), que mescla componentes de Prova de Autoridade e Prova de Stake. Isso possibilita que a BSC atinja tempos de confirmação de aproximadamente 3 segundos, comparado aos 15 a 30 segundos da Ethereum. Aplicativos corporativos que precisam de controle sobre os participantes da rede e privacidade podem usar a plataforma autorizada Hyperledger Fabric. Enquanto Cardano se concentra em eficiência e segurança, Polkadot se destaca pela interoperabilidade de vários blockchains (Zou et al. 2019).

Um endereço único na rede blockchain Ethereum permite o acesso ao contrato inteligente, garantindo a segurança e a transparência das transações, Kushwaha *et al.* (2022). Cada parte envolvida no contrato, seja o vendedor ou o comprador, receberá um endereço de acesso exclusivo e um código de segurança. Esse código de segurança garante que apenas as partes autorizadas possam ver e interagir com o contrato inteligente. As partes podem revisar todas as informações do contrato, como a descrição da mercadoria, o preço acordado e o status da entrega, acessando o endereço fornecido e inserindo o código de segurança.

4.2 Benefícios do Smart Contract.

O *smart contract* automatizam a execução de acordos e transações com base em condições predefinidas, eliminando a necessidade de intervenção humana para validar ou executar os termos do contrato. Isso reduz drasticamente o tempo de execução, de dias ou semanas para minutos ou segundos, minimizando erros e melhorando a eficiência operacional, (Wang, et al. 2019). A eliminação de intermediários como advogados e bancos reduz os custos associados a taxas e serviços, tornando as transações mais econômicas. Os pagamentos são liberados automaticamente quando as condições são

atendidas, melhorando o fluxo de caixa e reduzindo atrasos. Os contratos inteligentes são imutáveis e seguros contra fraudes, utilizando criptografia avançada para proteger dados e transações. A transparência é garantida pela visibilidade compartilhada das transações entre todas as partes envolvidas na blockchain, promovendo confiança e auditabilidade. A execução exata e automática dos contratos reduz ambiguidades e disputas, proporcionando precisão e evitando custosos processos judiciais.

Os contratos inteligentes também oferecem uma vantagem em termos de conformidade com as regras. A conformidade com as leis e regulamentos em muitas jurisdições pode ser um processo difícil e demorado que envolve muitas partes e etapas de verificação (Koulu, 2016). As regras e condições dos contratos inteligentes são codificadas diretamente no contrato, o que garante que todas as transações e ações sejam realizadas de acordo com os regulamentos estabelecidos (Filatova, 2020). Como todos os registros são imutáveis e verificáveis na blockchain, isso reduz o risco de não conformidade e facilita o processo de auditoria.

Os contratos inteligentes podem aprimorar a segurança das transações comerciais ao serem executados automaticamente quando condições pré-estabelecidas são cumpridas, eliminando a possibilidade de manipulação ou ingerência maliciosa (Butijn, 2022). A aplicação de algoritmos criptográficos pode assegurar a proteção dos dados contra fraudes e ataques cibernéticos, como supramencionado. Além disso, eles melhoram a gestão da cadeia de suprimentos, com a rastreabilidade da blockchain permitindo monitoramento e verificação em tempo real de todas as etapas do processo, da produção à entrega final (Helo e Shamsuzzoha, 2020). Isso aumenta a transparência e facilita a resolução rápida de problemas.

Do ponto de vista ambiental e de recursos, a eficiência energética também é um ponto positivo, pois a automação de processos contratuais reduz a necessidade de papelada e outros processos administrativos, contribuindo para a eficiência energética (Filatova, 2020). Além disso, blockchains mais recentes, que utilizam mecanismos de consenso mais eficientes, tornam a execução dos contratos menos intensiva em termos de energia.

A automação e integração com a Internet das Coisas (IoT) é outro benefício relevante, os contratos inteligentes podem ser integrados a dispositivos IoT, permitindo a automação de processos físicos com base em dados coletados em tempo real. Por exemplo, sensores em uma cadeia de suprimentos podem acionar automaticamente pagamentos ou pedidos de reabastecimento, tornando o processo mais eficiente e transparente (Helo e Shamsuzzoha, 2020). Também, a automação de tarefas repetitivas é possível, reduzindo a necessidade de intervenção humana em operações rotineiras.

Os contratos inteligentes também oferecem interoperabilidade entre redes, permitindo a operação em múltiplas redes blockchain, isso facilita transações entre diferentes plataformas, ampliando as possibilidades de negócios e colaboração (Law, 2017). A confiabilidade e continuidade também são aprimoradas, pois uma vez implantado

em uma blockchain, o contrato inteligente opera de forma ininterrupta, garantindo que as transações possam ocorrer 24 horas por dia, 7 dias por semana, sem a necessidade de manutenção contínua (Butijn, 2022).

Em termos de governança corporativa, os contratos inteligentes podem ser usados para implementar modelos de governança descentralizada, onde decisões são tomadas de forma transparente e democrática com base em regras codificadas (Filatova, 2020). A votação automática em organizações ou comunidades pode ser facilitada por contratos inteligentes, garantindo transparência e precisão nos resultados.

A redução de fraudes e corrupção pode ser apontado com outro benefício da tecnologia, como os contratos inteligentes são imutáveis e registrados em uma blockchain, qualquer tentativa de manipulação seria facilmente detectada, promovendo maior integridade nas transações (Butijn, 2022). A auditabilidade também é aprimorada, com todas as transações sendo rastreáveis e verificáveis, facilitando a detecção e prevenção de comportamentos fraudulentos (Filatova, 2020).

Outro assim, os contratos inteligentes facilitam o cumprimento de contratos internacionais, eles podem ser programados para cumprir automaticamente regulamentos e leis internacionais, simplificando o comércio e as transações globais (Koulu, 2016). A redução de barreiras culturais e linguísticas é outro benefício, já que a padronização das regras e termos codificados em contratos inteligentes minimiza mal-entendidos que poderiam surgir devido a essas diferenças (Law, 2017).

5 | O QUE O BLOCKCHAIN E SMART CONTRACT PODEM OFERECER JUNTOS PARA O COMÉRCIO INTERNACIONAL.

A combinação do Blockchain e dos *smart contract* pode revolucionar o comércio internacional ao oferecer uma série de benefícios que melhoram a eficiência, segurança e transparência das transações, como supracitado. A natureza imutável e distribuída do Blockchain garante que todas as transações sejam registradas de forma segura e transparente, proporcionando um registro confiável que todas as partes envolvidas podem acessar e auditar. Essa transparência pode elevar a confiança entre exportadores, importadores, autoridades aduaneiras e outros participantes da cadeia de suprimentos.

Os *smart contracts*, por sua vez, automatizam a execução dos termos contratuais, reduzindo a necessidade de intermediários e diminuindo os custos operacionais. Ao eliminar a dependência de processos manuais e burocráticos, o *smart contract* aceleram a conclusão de transações e garantem que as condições acordadas sejam cumpridas de maneira eficiente e precisa. Por exemplo, em um contrato de exportação, o pagamento pode ser liberado automaticamente assim que a mercadoria chega ao destino e é verificada, tudo isso registrado de maneira transparente no *blockchain*.

De acordo com Højlund e Nielsen (2019) o comércio internacional pode estar enfrentando uma nova revolução de custos com o surgimento de contratos inteligentes

habilitados para blockchain. As alegações de que podem reduzir os custos de transação são tornando-se amplamente aceito, mas as transações comerciais internacionais podem ser complexas. Usando economia dos custos de transação, respondemos como os contratos inteligentes podem governar as transações no comércio internacional. Para os autores, os contratos inteligentes conectados externamente podem ser usados para economizar custos de transação relativos a acordos tradicionais em financiamento comercial, seguros e mercados de derivativos, bem como compromissos de longo prazo da cadeia de suprimentos em transações de complexidade simples a mista. Estes podem especificar contingências de estado que deterministicamente acionar o desempenho contratual com base em feeds de dados externos, como transportadora e alfândega APIs, APIs de dados de mercado e sensores IoT, como termômetros.

A conformidade regulatória também pode ser simplificada, uma vez que todos os documentos e transações são registrados de maneira precisa e auditável no Blockchain, isso facilita a verificação por autoridades aduaneiras e reguladoras, reduzindo o risco de erros e fraudes. Outro assim é a rastreabilidade fornecida pelo Blockchain melhora a gestão da cadeia de suprimentos, permitindo que todas as etapas do processo, desde a produção até a entrega final, sejam monitoradas e verificadas em tempo real.

Em termos de inovação e competitividade, empresas que adotam *blockchain* e *smart contract* estão mais bem posicionadas para competir em um mercado global dinâmico e em constante evolução. Essas tecnologias não apenas melhoram a eficiência operacional, mas também tornam as empresas mais atraentes para parceiros comerciais e clientes, que valorizam a transparência e a segurança.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve como objetivo de analisar e justificar a relevância das tecnologias *blockchain* e *smarts contracts* para a inovação e facilitação do comércio internacional. Para essa análise, o estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa bibliográfica, na qual foram analisados trabalhos acadêmicos, livros e artigos, com o objetivo de compreender as implicações das novas tecnologias no comércio internacional. Essa metodologia permitiu uma visão ampla e fundamentada sobre o tema, possibilitando a análise das principais teorias e contribuições sobre *blockchain* e *smart contracts*. Com base nas fontes revisadas, foi possível discutir os impactos dessas tecnologias sob diversas perspectivas, apontando suas potencialidades.

Considerando os aspectos discutidos ao longo do estudo, fica evidente que as tecnologias têm o potencial de transformar o comércio internacional. O *blockchain*, como investigado, oferece transparência e confiança ao registrar transações de maneira imutável e acessível, o que reduz fraudes e mal-entendidos, além de eliminar intermediários e possibilitar transações diretas, reduzindo custos e acelerando negociações complexas.

Os *smart contracts*, no que lhe concerne, garantem a execução automática dos termos acordados, minimizando atrasos e erros. Já no setor de transporte, o *blockchain* melhora a rastreabilidade e eficiência logística, permitindo o acompanhamento em tempo real de mercadorias e facilitando a conformidade com regulamentações alfandegárias, por exemplo.

Além disso, a segurança e integridade proporcionadas pelo *blockchain* reduzem os custos com auditorias e validação de documentos, enquanto eliminam a necessidade de gerenciar documentos físicos, reduzindo assim os custos operacionais. A automação dessas transações e a execução automática das cláusulas dos contratos diminuem o envolvimento humano, prevenindo erros manuais e acelerando as operações. Outro benefício relevante é a redução de tempo nas transações, já que os *smart contracts* operam de maneira autônoma e são executados automaticamente ao cumprimento das condições previstas, isso podem substituir o papel dos bancos na intermediação, reduzindo taxas e o tempo de processamento.

REFERÊNCIAS

AN, Y. J.; CHOI, P. M. S.; HUANG, S. H. Blockchain, cryptocurrency, and artificial intelligence in finance. In: ***Fintech with Artificial Intelligence, Big Data, and Blockchain***. Singapore: Springer Singapore, 2021. p. 1-34.

ANTONOPOULOS, Andreas M. ***Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies***. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2014.

ANTONOPOULOS, Andreas M. ***Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies***. O'Reilly Media, 2017.

BERGER, Klaus Peter. ***The Creeping Codification of the New Lex Mercatoria***. 2. ed. Alphen aan den Rijn: Kluwer Law International, 2010.

BINANCE ACADEMY. Para mencionar as vantagens de smart contracts, como a automação e redução de custos operacionais através da tecnologia blockchain. Binance Academy, 2023.

BUTIJN, Bas. ***Securing Smart Contracts and the Blockchain***. Eindhoven: Eindhoven University of Technology, 2022.

DE FILIPPI, Primavera; WRIGHT, Aaron. ***Blockchain and the Law: The Rule of Code***. Cambridge: Harvard University Press, 2018.

DELOITTE. Blockchain & smart contracts for trade finance. Disponível em: <https://www2.deloitte.com>. Acesso em: 15 set. 2024.

DOS SANTOS, D. R. **A tecnologia blockchain como via de facilitação das exportações**. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/a-tecnologia-blockchain-como-via-de-facilitacao-das-exportacoes>. Acesso em: 10 jun. 2024.

FILATOVA, A. Blockchain and smart contracts: new legal challenges. *Journal of Modern Science*, v. 1, n. 44, p. 151-166, 2020.

FORBES BRASIL. BHP usa Hyperledger Fabric para transações internacionais. Disponível em: <https://forbes.com.br>. Acesso em: 19 ago. 2024.

FORBES BRASIL. Cargill adota Quorum para rastreamento de grãos. Disponível em: <https://forbes.com.br>. Acesso em: 19 ago. 2024.

FORBES BRASIL. Maersk utiliza IBM Blockchain para digitalização de cadeia de suprimentos. Disponível em: <https://forbes.com.br>. Acesso em: 19 ago. 2024.

GOMES, J., KHAN, S., & SVETINOVIC, D. (2023). Fortifying the blockchain: A systematic review and classification of post-quantum consensus solutions for enhanced security and resilience. IEEE Access.

HARVARD BUSINESS REVIEW. The digital supply chain: what is it and why it's important. Disponível em: <https://hbr.org>. Acesso em: 15 set. 2024.

HOFSTEDE, Geert; HOFSTEDE, Gert Jan; MINKOV, Michael. *Cultures and Organizations: Software of the Mind*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

INVESTOPEDIA. Em relação à eliminação de intermediários e redução de custos em transações internacionais. Investopedia, 2023.

KOULU, R. Blockchains and online dispute resolution: smart contracts as an alternative to enforcement. *International Journal of Law and Information Technology*, v. 24, n. 3, p. 282-298, 2016.

KUSHWAHA, S. S.; JOSHI, S.; SINGH, D.; KAUR, M.; LEE, H. N. Systematic review of security vulnerabilities in ethereum blockchain smart contract. *IEEE Access*, v. 10, p. 6605-6621, 2022.

LAW, Edward. **Blockchain technology for supply chain management: a systematic literature review.** *International Journal of Production Research*, v. 55, n. 7, p. 1986-2004, 2017.

MCKINSEY & COMPANY. Automation and the future of supply chain logistics. Disponível em: <https://www.mckinsey.com>. Acesso em: 15 set. 2024.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system. Disponível em: <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2024.

NARAYANAN, A. et al. *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton University Press, 2016.

OPENZEPELIN. Security audits. Disponível em: <https://openzeppelin.com/security-audits/>. Acesso em: 17 ago. 2024.

P4S.co. Home Depot e Walmart implementam contratos inteligentes com IBM Blockchain. Disponível em: <https://p4s.co>. Acesso em: 19 ago. 2024.

RODRIGUE, Jean-Paul. *The Geography of Transport Systems*. 5. ed. New York: Routledge, 2020.

SARMAH, S. S. Understanding blockchain technology. *Computer Science and Engineering*, v. 8, n. 2, p. 23-29, 2018.

STINSON, D. R.; PATERSON, M. B. *Cryptography: Theory and Practice*. 4. ed. CRC Press, 2018.

SWAN, Melanie. *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. Sebastopol: O'Reilly Media Inc., 2015. 149 p.

TAPSCOTT, Don; TAPSCOTT, Alex. *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin and Other Cryptocurrencies is Changing the World*. New York: Portfolio, 2016.

WANG, S.; OUYANG, L.; YUAN, Y.; NI, X.; HAN, X.; WANG, F. Y. Blockchain-enabled smart contracts: architecture, applications, and future trends. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, v. 49, n. 11, p. 2266-2277, 2019.

YANG, Jin et al. Brief introduction of medical database and data mining technology in big data era. *Journal of Evidence-Based Medicine*, v. 13, n. 1, p. 57-69, 2020.

ZOU, W.; LO, D.; KOCHHAR, P. S.; LE, X. B. D.; XIA, X.; FENG, Y.; XU, B. Smart contract development: challenges and opportunities. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 47, n. 10, p. 2084-2106, 2019.