

Framework para Gerenciamento e Auditoria de Contratos de Compra e Venda de Commodities utilizando Smart Contracts baseados em Blockchain

Maria Júlia M. Schettini¹, Fabiano P. Bhering¹

Departamento de Computação
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)
Leopoldina, MG – Brasil

mariajuliaschettini@outlook.com, fabianobhering@cefetmg.br

Abstract. *The purchase and sale contracts of commodities play a crucial role in the Brazilian agribusiness landscape. In pursuit of greater legal security, these contracts are registered in registries, where the parties involved sign and authenticate the negotiation terms. In this context, the use of Smart Contracts technology based on Blockchain holds promise, offering increased security and transparency in a distributed manner, without the need for a central authority, thereby reducing authentication costs. To facilitate the implementation of Smart Contracts for managing commodity contracts, the study proposes a framework for developing Smart Contract applications that efficiently manage these contracts at all stages of their lifecycle. Additionally, it presents a case study demonstrating the feasibility and applicability of this approach through the development of a Web application in a practical scenario.*

Resumo. *Os contratos de compra e venda de Commodities, desempenham um papel crucial no cenário do agronegócio brasileiro. Em busca de maior segurança jurídica, esses contratos são registrados em cartórios, onde os interessados assinam e autenticam os termos da negociação. Nesse contexto, o uso da tecnologia Smart Contracts, baseada em Blockchain, é promissor, oferecendo maior segurança e transparência de modo distribuído, sem a necessidade de uma autoridade central, reduzindo o custo de autenticação. Com o objetivo de facilitar a implantação de Smart Contracts para a gestão dos contratos de Commodities, o estudo propõe um framework para o desenvolvimento de aplicações de Smart Contract que gerenciem eficientemente esses contratos em todas as etapas do seu ciclo de vida. Além disso, apresenta um estudo de caso, demonstrando a viabilidade e aplicabilidade dessa abordagem por meio do desenvolvimento de uma aplicação Web em um cenário prático.*

1. Introdução

O agronegócio é um dos setores mais importantes para a economia brasileira, representando 26.6% do PIB em 2020 [CNA 2023]. Nesse aspecto, o Brasil atinge o patamar de um dos maiores produtores de *commodities* agrícolas do mundo, ocupando o quarto lugar em produção de grãos, atrás somente dos Estados Unidos, China e Índia [Duarte 2022].

Para garantir a eficiência e organização desse setor, é essencial o uso predominante de contratos nas transações de compra e venda de *Commodities*. Neste trabalho,

as *Commodities* são definidas como mercadorias primárias de origem agrícola produzidas em larga escala. Esses contratos representam operações econômicas resultantes de um consenso entre vendedores e compradores, estabelecendo condições como entrega, pagamento, quantidade e valor financeiro [Ito and de Sousa Santos 2020]. Apesar de sua ampla utilização, existem diversas oportunidades para aprimorar esse mecanismo, visando proporcionar maior segurança por meio da redução de intermediários, incorporação de rastreabilidade e transparência, diminuição de custos, além de prevenir fraudes e disputas contratuais [de Brito 2020]. Entretanto, implementar tais melhorias vai além da transcrição para contratos digitais.

Nos últimos anos, o rápido desenvolvimento da tecnologia *Blockchain* tem influenciado um aumento significativo do desenvolvimento de aplicações usando *Smart Contracts* [Khan et al. 2021]. Os *Smart Contracts* representam uma inovação da tecnologia da informação capaz de automatizar e garantir a execução de transações de contratos digitais de forma transparente e segura para os diversos tipos de organizações [Ito and de Sousa Santos 2020].

Embora existam propostas para diversas áreas do conhecimento, como aplicações para gestão medicamentos [Divino and Freitas 2023] e licitações de projetos [Ahmadisheykhsarmast et al. 2023], a adoção dos *Smart Contracts*, principalmente no setor do agronegócio, ainda carece de ferramentas intuitivas e de mão de obra qualificada para uma implantação em larga escala. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um *framework* para o gerenciamento e auditoria de negociações de contratos de compra e venda de *Commodities* utilizando as tecnologias de *Blockchain* e *Smart Contracts*.

A proposta visa facilitar o desenvolvimento de ferramentas para apoio à gestão dos contratos, permitindo que os colaboradores responsáveis pelas transações, os quais possuem domínio dos processos e demais aspectos comerciais, tenham a capacidade de manter os contratos de forma eficiente. Para isso, será apresentado o *framework*, considerando as diferentes etapas do ciclo de vida dos *Smart Contracts* e um estudo de caso com o intuito de avaliar a aplicabilidade do modelo proposto.

2. Framework Proposto

Para sistematizar a elaboração do *framework*, foi definido um roteiro com as seguintes etapas: (I) Definição do ciclo de vida do *Smart Contract*, (II) Definição do processo para registro das transações na *Blockchain* e (III) Estudo de caso para validação da proposta.

O desenvolvimento do *framework* foi baseado no ciclo de vida genérico dos *Smart Contracts*, incorporando as estruturas dos fluxos de transações de um contrato específico para o gerenciamento e auditoria de negociações e execuções de contratos de compra e venda.

2.1. Ciclo de Vida dos *Smart Contracts*

A definição do ciclo de vida de um *Smart Contracts* é fundamental para a implementação bem-sucedida do *framework*. Ao adotar um ciclo de vida ao processo de compra e venda, o *framework* pode viabilizar o desenvolvimento de sistemas descentralizados para gerenciamento de compra e venda baseado na rede *Blockchain*.

O ciclo de vida para o modelo de contrato proposto neste trabalho foi o primeiro passo para delimitar o escopo do *framework* e definir qual é a sequência de etapas necessárias para que um *Smart Contract* seja completamente executado. O ciclo de vida proposto neste trabalho foi uma adaptação do modelo apresentado em [Zheng et al. 2020]. A partir desse modelo, foram determinadas as quatro fases fundamentais que compõem o ciclo de vida: Criação, Implantação, Execução e Conclusão. A Figura 1 ilustra a visão geral do ciclo de vida de um *Smart Contract* em uma rede *Blockchain* desde a concepção até a conclusão. Essas etapas são delimitadas a seguir:

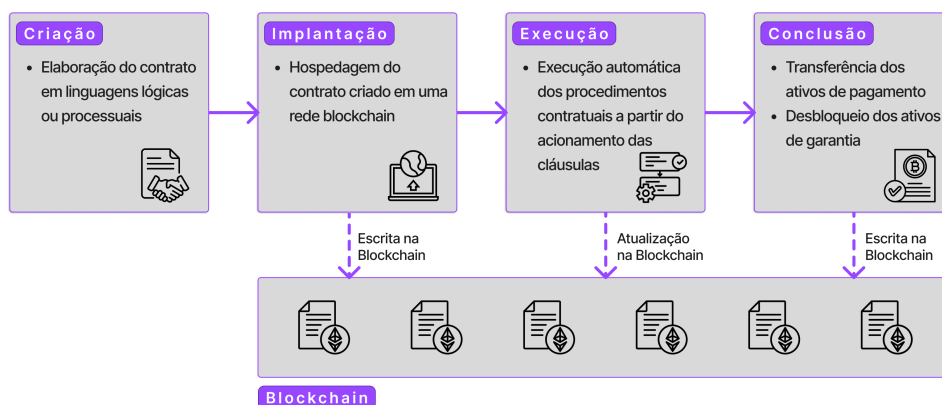


Figura 1. Etapas do ciclo de vida de um *Smart Contract* definidas para o *framework*

1. **Criação:** após a negociação e acordo das partes envolvidas é realizada a criação de um contrato. A elaboração desse contrato consiste na conversão da lógica do negócio para um *Smart Contract* escrito em linguagens lógicas ou processuais.
2. **Implantação:** a implantação do *Smart Contract* é realizada ao armazenar o contrato redigido na etapa anterior na rede *blockchain*, garantindo imutabilidade e possibilitando que todas as partes envolvidas possam acessar as informações contrato. Nessa etapa, os ativos digitais de ambas as partes são bloqueados para a efetivação futura do pagamento.
3. **Execução:** esta etapa refere-se à execução automática dos procedimentos contratuais assim que uma condição especificada em uma cláusula é atingida. Assim, *Smart Contracts* são ativados no intuito garantir a execução imediata e segura das obrigações contratuais.
4. **Conclusão:** após a execução das cláusulas, a conclusão de um *Smart Contract* é confirmada a partir da atualização dos estados do mesmo para todas as partes envolvidas, em consequência, os ativos de pagamento são transferidos de uma parte para a outra e os ativos de garantia são desbloqueados.

2.2. Processo para registro das transações na *Blockchain*

A execução de uma operação de compra e venda de mercadorias, independentemente de ser agrícola ou não, segue um fluxo bem definido de processos. Nesse contexto, é essencial entender e modelar esse fluxo para garantir transparência, eficiência e segurança nas transações. A proposta de modelagem do fluxo de compra e venda utilizando *Smart Contracts* visa proporcionar uma estrutura descentralizada e mais robusta para a gestão e auditoria dessas negociações.

Este trabalho propõe um processo para o registro das transações do contrato de compra e venda na *Blockchain* considerando as diferentes etapas do ciclo de vida definidas na Seção 2.1. O *framework* inclui os atores Vendedores, Compradores e *Blockchain*, que desempenham o papel principal no registro das operações.

Como pode ser visto no fluxo ilustrado Figura 2, o *framework* fornece os elementos necessários para o desenvolvimento de plataformas para o registro das transações de compra e venda na *Blockchain* de forma esquematizada e transparente. De modo subsequente são especificadas as operações vinculadas aos atores.

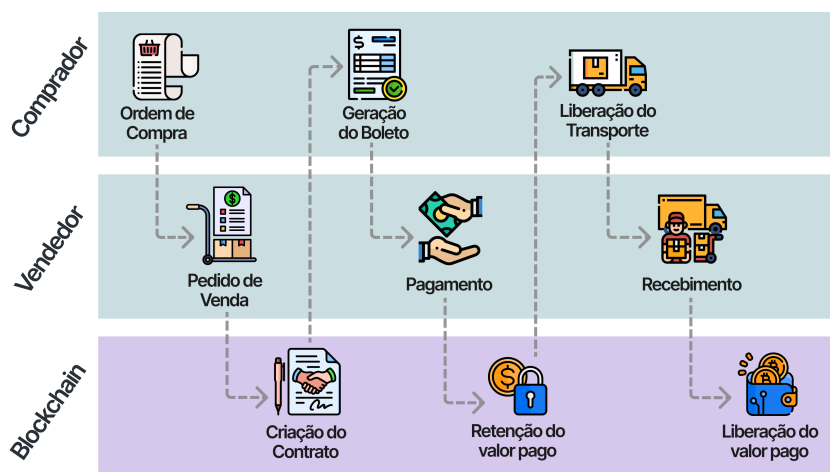


Figura 2. Processo para registro de Compra e Venda na *Blockchain*

- **Ordem de Compra (Comprador):** O comprador emite uma ordem de compra, indicando sua intenção de adquirir determinada mercadoria.
- **Pedido de Venda (Vendedor):** O vendedor recebe a ordem de compra e gera um pedido de venda, confirmando a disponibilidade da mercadoria.
- **Criação do *Smart Contract* (Blockchain):** Um *Smart Contract* é criado na *Blockchain* para formalizar os termos e condições da transação, incluindo o preço, quantidade e outras cláusulas relevantes.
- **Geração do Boleto (Vendedor):** O vendedor gera um boleto de pagamento referente ao pedido de venda e o disponibiliza para o comprador.
- **Pagamento do Pedido (Comprador):** O comprador efetua o pagamento do pedido utilizando o meio de pagamento acordado.
- **Retenção do Pagamento (Blockchain):** A *Blockchain* retém o pagamento até que as condições pré-definidas no *Smart Contract* sejam cumpridas.
- **Liberação do Pedido para Transporte (Vendedor):** Após a confirmação do pagamento, o vendedor libera o pedido para transporte.
- **Recebimento do Pedido (Comprador):** O comprador recebe a mercadoria conforme especificado no pedido de venda.
- **Liberação do Valor do Pagamento para o Vendedor (Blockchain):** Uma vez que o pedido é recebido e aceito pelo comprador, a *Blockchain* libera o valor do pagamento para o vendedor.

3. Estudo de caso

No intuito de validar a aplicabilidade do *framework* proposto no contexto específico do mercado de commodities agrícolas, foi desenvolvido um estudo de caso focado na

elaboração de um sistema *Web* para o gerenciamento e auditoria de contratos de compra e venda nesse setor.

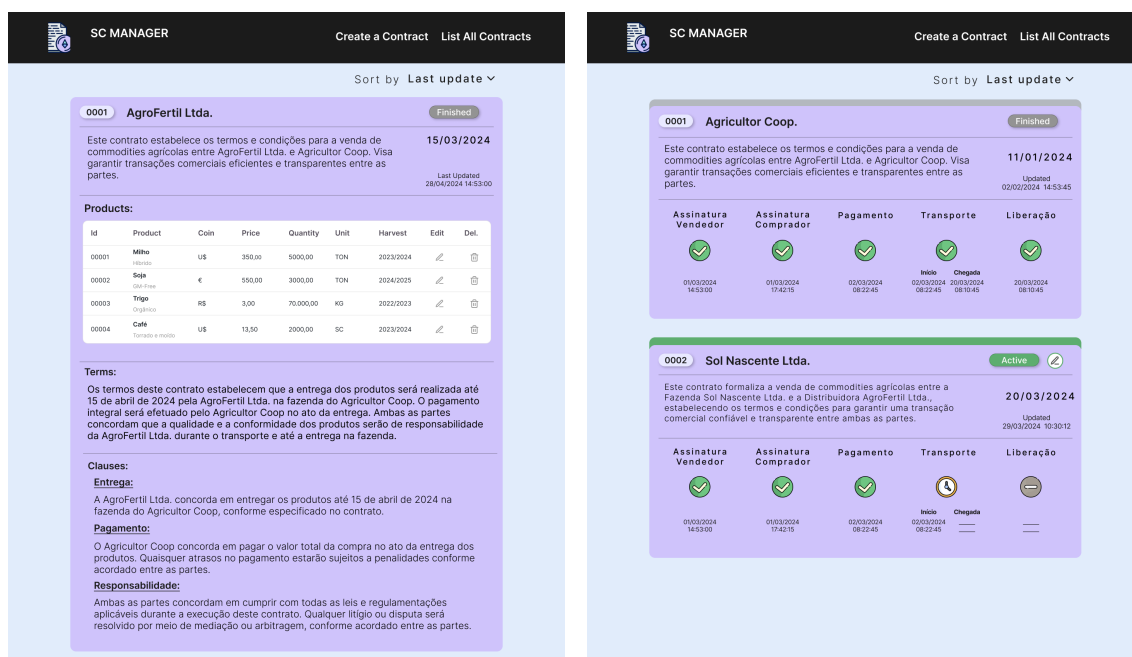
3.1. Carteira de Criptomoedas

Para o registro das transações na *Blockchain* foi utilizado a carteira de criptomoeda da Metamask, que disponibiliza uma API (Application Programming Interface) simples para interagir com a rede *Ethereum* [Lee 2023]. Por meio dessa carteira, foi possível criar interfaces para implementar as operações definidas pelo *framework* nas Seção 2.2. A biblioteca *Ethers.js* foi utilizada para testar as transações na *Blockchain*. Vale ressaltar que os custos das transações, chamados de "Gas", são pagos pelo usuário usando sua própria carteira de criptomoedas. Os custos dessa operação são estimados antes do usuário completar a transação.

3.2. Plataforma Web

A plataforma *Web* para o gerenciamento e auditoria de negociação dos contratos foi desenvolvida em dois módulos principais: Criação e Acompanhamento. De modo geral, um contrato é elaborado no módulo de criação e enviado para o módulo de acompanhamento, neste módulo o contrato é assinado por ambas as partes as quais, a partir daí, podem, neste mesmo módulo, acompanhar toda a execução do contrato, desde o pagamento até a liberação do ativo.

A Figura 3 apresenta as principais telas da plataforma. Na primeira tela, pode-se observar um exemplo de contrato preenchido com todos os detalhes pertinentes com base no modelo tradicional de um contrato. Já a segunda tela, exibe o acompanhamento das etapas de cada contrato, exibindo seu status em tempo real durante as transações.



(a) Detalhes de um contrato

(b) Acompanhamento do contrato

Figura 3. Interface Web para gestão de Smart Contracts

O estudo de caso demonstra como o *framework* proposto pode guiar no desenvolvimento de plataformas para aprimorar a gestão de compra e venda de *commodities*

agrícolas utilizando a tecnologia de *Smart Contracts* baseadas na *Blockchain*, proporcionando assim uma plataforma segura, eficiente e transparente para as transações nesse importante setor da economia.

4. Conclusão

Os contratos de compra e venda de Commodities são cruciais para o agronegócio brasileiro, buscando segurança jurídica por meio de registros em cartórios. A tecnologia de *Smart Contracts* baseada em *Blockchain* surge como uma alternativa promissora, oferecendo transparência e segurança distribuídas, além de potencial redução de custos. O *framework* proposto neste estudo visa facilitar a implementação eficiente de *Smart Contracts* na gestão desses contratos. Por meio de um estudo de caso prático, foi possível demonstrar a viabilidade e aplicabilidade dessa abordagem, demonstrando sua eficácia nos processos de compra e venda de Commodities no agronegócio brasileiro. Como trabalhos futuros, espera-se desenvolver ferramentas para auxiliar no desenvolvimento e tornar as aplicações de *Smart Contract* mais acessíveis e intuitivas para os usuários finais.

Referências

- Ahmadisheykhsarmast, S., Senji, S. G., and Sonmez, R. (2023). Decentralized tendering of construction projects using blockchain-based smart contracts and storage systems. *Automation in Construction*, 151:104900.
- CNA (2023). Pib do agronegócio alcança participação de 26,6% no pib brasileiro em 2020. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/publicacoes/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>.
- de Brito, R. P. (2020). *O impacto da confiança e do contrato na inovação e na satisfação com o relacionamento em colaborações organizacionais entre comprador e fornecedor*. PhD thesis, PUC-Rio.
- Divino, M. A. and Freitas, A. E. (2023). Gerenciamento de solicitação de medicamento por via judicial com blockchain. In *Anais do I Colóquio em Blockchain e Web Descentralizada*, pages 49–54. SBC.
- Duarte, R. d. M. (2022). Um estudo microeconômico sobre as principais commodities agrícolas no Brasil.
- Ito, C. and de Sousa Santos, F. (2020). E-procurement e contratos inteligentes: desafios da modernização tecnológica da contratação pública no Brasil. *International Journal of Digital Law*, 1(2):55–69.
- Khan, S. N., Loukil, F., Ghedira-Guegan, C., Benkhelifa, E., and Bani-Hani, A. (2021). Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends. *Peer-to-peer Networking and Applications*, 14:2901–2925.
- Lee, W.-M. (2023). Using the metamask crypto-wallet. In *Beginning Ethereum Smart Contracts Programming: With Examples in Python, Solidity, and JavaScript*, pages 111–144. Springer.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H.-N., Chen, W., Chen, X., Weng, J., and Imran, M. (2020). An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms. *Future Generation Computer Systems*, 105:475–491.