



## **Utilização de blockchain na cadeia de suprimentos: simulação e modelagem no processo de fornecimento de componentes industriais**

**Fernanda Rodrigues (UNICAMP)**  
[f102262@dac.unicamp.br](mailto:f102262@dac.unicamp.br)

**Paulo Roberto dos Santos Tavares (UNICAMP)**  
[paulors.tavares@gmail.com](mailto:paulors.tavares@gmail.com)

**Luiz Vitor De Souza Castello (UNICAMP)**  
[l221253@dac.unicamp.br](mailto:l221253@dac.unicamp.br)

**Manuela Veridiana Pugliesi (UNICAMP)**  
[m202536@dac.unicamp.br](mailto:m202536@dac.unicamp.br)

**Paulo Sergio Arruda Ignacio (UNICAMP)**  
[psai@unicamp.com](mailto:psai@unicamp.com)

*Uma das tecnologias mais promissoras para mudar o status quo de diversos setores da economia é o blockchain. Mais conhecido pelo Bitcoin, a tecnologia blockchain tem a capacidade de armazenar, acessar e garantir autenticidade durante toda a cadeia de produção e distribuição. A aplicação de tal tecnologia tem capacidade de tornar as relações entre os elos das cadeias de suprimentos mais transparentes, rastreáveis e confiáveis. Este presente estudo, tem como objetivo modelar e simular o funcionamento da tecnologia blockchain e sua aplicação em um processo de fornecimento de um componente do fornecedor até uma planta produtiva. Apresenta-se um modelo computacional de compartilhamento de informações via tecnologia blockchain dentro da cadeia produtiva de maquinários agroindustriais. Essa simulação, foi construída a partir de um Contrato Inteligente (Smart Contract) na plataforma Ethereum, utilizando Remix e linguagem Solidity.*

*Palavras-chave: Engenharia de Produção, Blockchain, Rastreabilidade, cadeia de suprimentos, Simulação*

## 1. Introdução

O surgimento e implementação de novas tecnologias, principalmente as relacionadas a transações informacionais possuem um potencial para impactar positivamente os processos produtivos. Além dos desafios contemporâneos de competitividade, o aprendizado, adaptação e melhor utilização destas tecnologias podem trazer resultados promissores em aumento de visibilidade, confiabilidade e rastreabilidade, que de certa forma tem influência no desempenho e possivelmente custo das operações, dentre elas as da cadeia de suprimentos.

Uma das problemáticas da gestão de cadeia de suprimentos é o acesso à informações confiáveis de quantidade, status e autenticidade que acabam afetando a confiabilidade da cadeia, colocando em risco à qualidade e autenticidade de produtos e causando diversas perdas financeiras por falta de transparência e rastreabilidade da informação. Pontos os quais são cobertos pelas competências da tecnologia blockchain. O *Blockchain* é a tecnologia utilizada para o rastreamento de transações e de dados distribuídos e compartilhados que têm a função de criar um índice global seguro para todas as transações que ocorrem em um determinado mercado ou cadeia produtiva.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é modelar e simular o funcionamento da tecnologia blockchain por meio da sua aplicação em um processo de fornecimento de um componente do fornecedor até uma planta produtiva. Apresenta-se um modelo computacional de compartilhamento de informações via tecnologia blockchain dentro da cadeia produtiva de maquinários agroindustriais. A pergunta de pesquisa é pautada na inserção dessa tecnologia nas operações e ao nível de significativa evidência de que a adoção de blockchain poderá facilitar a implementação desta nas operações.

A pesquisa desenvolveu-se com abordagem quantitativa com criação de simulação e modelagem da cadeia com a tecnologia blockchain utilizando a plataforma Ethereum e o Remix com linguagem Solidity para os *smart contracts*.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Cadeia de Suprimentos

A cadeia de suprimentos refere-se à organização de um modelo de negócios entre um grupo de parceiros e membros que trabalham organizadamente em uma cadeia de transformação de valor e movimentam diferentes materiais desde matérias primas até produtos acabados, em um processo produtivo ou de serviços transformando esses produtos e serviços ao longo do processo em uma sequência planejada de atividades. A cadeia de suprimentos demanda

gerenciamento intenso a fim de assegurar que cada um dos seus membros e parceiros seja capaz de entregar o melhor resultado em suas operações de maneira equilibrada entre responsividade, flexibilidade e custo de servir (MOKHESENG et al., 2017).

Para garantir o gerenciamento das relações da cadeia de suprimentos e integração eficiente dos participantes dessa cadeia desde o primeiro fornecedor ao último cliente no processo de transformação de valor dos produtos e serviços, é necessário suportar a estratégia do negócio e gerar valor a todos os stakeholders e envolvidos, adotando uma abordagem multifuncional para garantir um gerenciamento completo e adequado, buscando a satisfação dos níveis de serviço desejados pelos clientes (LAMBERT ENZ, 2017).

Uma cadeia de suprimentos deve ser concebida e desenhada para satisfazer as necessidades dos clientes, em produtos e serviços ofertados a partir dos pontos de atendimento. A complexidade da cadeia de suprimentos é determinada pela quantidade, tipos e características de produtos, variedade, preços, tempo de serviço, e serviços pós-venda (SAIKOUK; SPALANZANI, 2016). Adicionalmente, existem diversos fatores da cadeia de suprimentos que estão relacionados ao gerenciamento da distribuição geográfica de clientes e fornecedores e também a variedade e características físicas dos produtos movimentados (HAJIPOUR et al., 2019).

O mercado tem demandado das empresas um maior foco no cliente buscando aumentar a eficiência de suas operações logísticas e desenvolver excelência operacionais, principalmente nos pontos que são percebidos pelos clientes; estes cada vez mais exigentes em termos de qualidade de produtos e serviços, buscando velocidade, confiabilidade e consistência na entrega dos serviços contratados (TAVARES; IGNÁCIO, 2019).

Os fatores críticos de uma cadeia de suprimentos geralmente estão relacionados às atividades de monitoramento e rastreabilidade de produtos, enfrentando como principais desafios a limitação no compartilhamento de informações de maneira confiável e segura entre os componentes da cadeia de suprimentos atendendo todas as necessidades dos negócios e respeitando as restrições e necessidades de cada um dos parceiros da cadeia de suprimentos (KAMBLE et al., 2019).

As estruturas de dados necessárias para construção de sistemas de rastreamento são diferentes para cada tipo de produto, estratégias de produção e distribuição em cada modelo de negócio. Empresas distintas que se utilizam de diferentes estratégias operacionais e de gerenciamento podem se beneficiar de uma rastreabilidade centrada no produto para garantir a entrega das necessidades de mercado ou de outras estratégias e modelos de gestão da informação no ambiente em que estão inseridas. (MUSA et al., 2014).

As cadeias de suprimentos possuem numerosos problemas de transparência e eficiência que frequentemente causam problemas e ameaças aos parceiros da cadeia por conta de constantes desconexões nas trocas de informações entre os fornecedores e intermediários presentes na cadeia de suprimentos. Isso causa falta de transparência e visibilidade na cadeia devido à discrepância e inconsistência na informação, falta de interoperabilidade e falta de informação para rastreabilidade de produtos durante seu atravessamento na cadeia de suprimentos afetando todos os participantes e colocando em risco o atendimento das necessidades dos clientes (KAMBLE et al., 2019).

## **2.2. Blockchain**

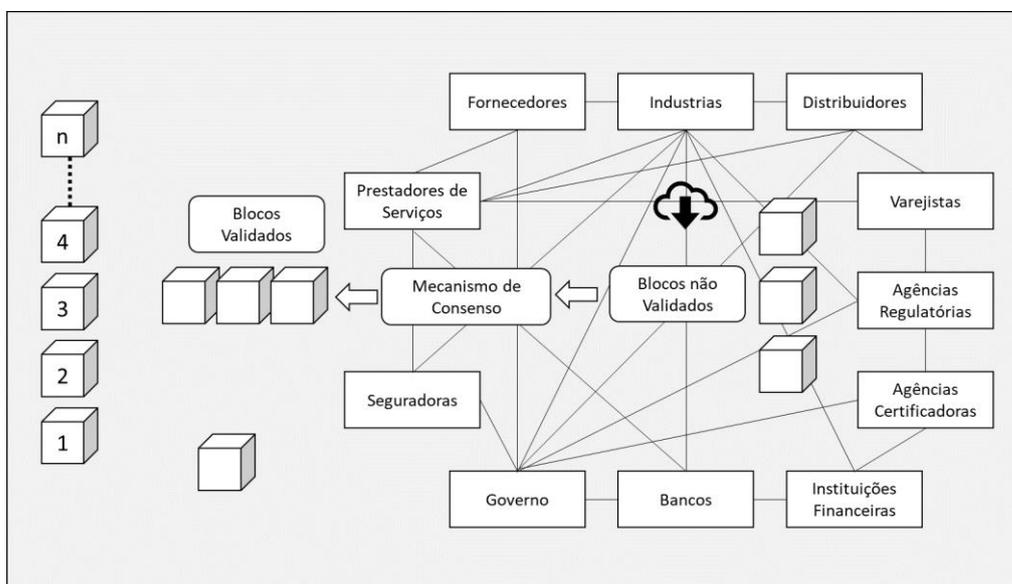
A tecnologia *Blockchain* funciona a partir de uma base de dados descentralizada e distribuída em nós conectados entre si que pode ser publicamente acessível assegurando alto nível de integridade das informações das transações realizadas. Por ser uma base digital, pode conter qualquer tipo de informação como transações, dados e eventos com regras definidas para atualização da informação. A rede e seu conteúdo crescem de maneira organizada e contínua com a adição de blocos de informação em cada novo registro, ligados sequencialmente por um código *hash* podendo conter *Smart Contracts* (KAMBLE et al., 2019)

O conceito de *Blockchain* foi introduzido em 2008 com a criação da moeda digital Bitcoin, sendo esta a primeira e maior aplicação de sucesso dessa tecnologia até o momento. A tecnologia não está limitada ao mercado financeiro e pode ser utilizada em qualquer atividade complexa que requeira transações e armazenamento de informações confidenciais de modo seguro, sem a dependência de uma entidade reguladora. O conceito de rede *peer-to-peer* definido nesse modelo permite a interação entre cada participante (*peer*) garantindo os cinco princípios básicos assegurados pelo *Blockchain*: segurança, transmissão *peer-to-peer*, transparência com anonimidade, imutabilidade dos dados e lógica computacional. (TAVARES; IGNÁCIO, 2019).

O *Blockchain* oferece um nível de segurança de informação superior quando comparado à uma rede tradicional, pois por conta do mecanismo de consenso para validação do dado transacional e criptografia antes da distribuição da informação, é necessário que um *hacker* que deseje fraudar o sistema altere toda a informação em todos os blocos na história dessa transação simulando o consenso de todos os usuários conforme as regras da rede tornando tal ação impossível e os dados imutáveis pela complexidade da rede (MIN, 2019).

A aplicação de *Blockchain* na cadeia de suprimentos melhora o desempenho de maneira segura e permite a execução das transações necessárias entre cada um dos parceiros reduzindo o número de intermediários, atrasos de pagamentos e eliminação de longos tempos de processamento de documentos diversos, burocracias e além de oferecer segurança na movimentação dos produtos ao longo da cadeia de suprimentos, trazendo a rastreabilidade como um dos maiores benefícios de sua aplicação que é sustentada e garantida pela auditabilidade, imutabilidade e procedência da informação com segurança transacional (KAMBLE et al., 2019).

Figura 1 – Tecnologia *Blockchain* em uma cadeia de suprimentos.



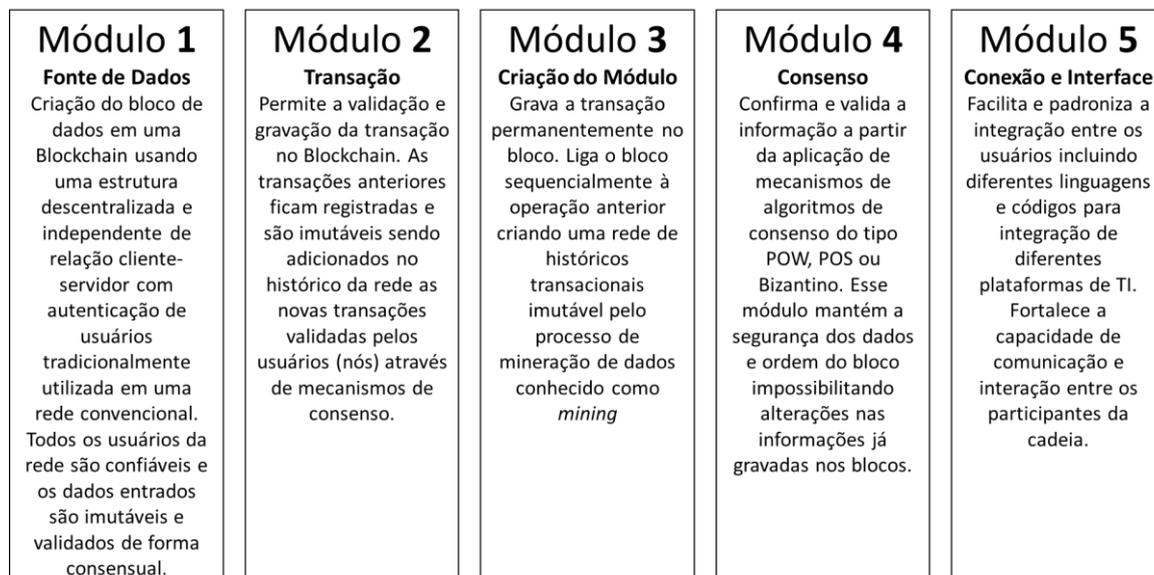
Fonte: Baseado em Kamble et al. (2019).

Tecnicamente, o *Blockchain* é dividido em cinco módulos que são organizados de modo a facilitar a interação entre a obtenção da informação do mundo real e os mecanismos tecnológicos utilizados para construção do bloco e disponibilização dos registros e dados na rede descentralizada. A colaboração entre os parceiros de uma cadeia de suprimentos para criar uma arquitetura de *Blockchain* é um requisito importante para o funcionamento correto e adequado dessa rede, e depende do alinhamento de objetivos comuns entre eles para que os esforços e investimentos sejam equilibrados, assim como os benefícios gerados por essa interação. A integração das funções de negócio e novos limites para um trabalho extensivo entre parceiros da cadeia de suprimentos criadas pela utilização de *Blockchain* fazem com que a vulnerabilidade das cadeias de suprimento seja reduzida pelo desenvolvimento de atividades de

controle de risco; risco este que tende a aumentar conforme o número de participantes e de interações aumenta (MIN, 2019).

Em uma operação assistida por *Blockchain*, o processo inicia-se com a coleta de informações no primeiro estágio que pode ser por exemplo um recebimento de matérias primas com utilização de um leitor de código de barras ou código QR. Essas informações gerais serão processadas por um computador e registros básicos serão formados no *Blockchain*. A etapa posterior é a validação transacional e gravação do bloco na rede fazendo vínculo à uma transação anterior. A transação de gravação é feita a partir do mecanismo de consenso criando sequencialmente um histórico na rede das informações e dados recebidos da operação. O próximo passo é a criação do módulo de dados e criptografia através do processo de *mining* e a execução da validação do consenso sobre a transação. A conexão com interface é a última etapa que facilita e padroniza a interação com os usuários da rede incluindo a configuração e interligação de diferentes linguagens de programação e plataformas (TAVARES & IGNÁCIO, 2019).

Figura 2 – A organização básica de um *Blockchain*.



Fonte: Min (2019).

Essa organização em uma cadeia de suprimentos pode permitir que consumidores tenham acesso a alguns dados da trajetória do produto na cadeia de suprimentos de maneira permissionada, respeitando a integridade e confidencialidade da informação adequadamente. As interfaces com dispositivos eletrônicos e facilidade de acesso de smartphones à internet

garante que o acesso à informação permita a obtenção de benefícios relevantes com qualidade e transparência (TAVARES; IGNÁCIO, 2019).

### **2.3 Rastreabilidade**

A rastreabilidade é a capacidade ou possibilidade de verificação do histórico de movimentação, de um item por meio de informações documentadas e identificadas durante um processo produtivo, manuseio, localização, ou registro de dados diversos que garante o registro de tais informações seja feito adequadamente e permita a criação de uma referência de informação para o estágio determinado (TAVARES; IGNÁCIO, 2019).

O mercado tem exigido das empresas um maior foco no consumidor em termos de aumento de eficiência em suas operações logísticas e no desenvolvimento de excelência operacional principalmente nos pontos que são percebidos pelos consumidores (STOCK et al., 2010) sendo a rastreabilidade de produtos de ponta a ponta em uma cadeia de suprimentos muito importante para itens de consumo diário no mundo e são realizados a partir de pontos de coleta de dados, armazenamento e associação dos dados a um único produto a partir de um código de identificação para garantir a rastreabilidade de cada item movimentado reconhecendo um simples produto corretamente entre outros vários itens semelhantes. (TAN; THI, 2020).

De acordo com (DABBENE; GAY, 2011), o processo de rastreamento deve ser estruturado na cadeia de suprimentos de maneira que as informações sejam mantidas após o processamento dos componentes em um processo de fabricação, compondo a informação dos produtos finais dentro dos registros. Em caso de necessidade de investigação dos registros do deslocamento dos produtos ao longo da cadeia de suprimentos ou de uma etapa específica do processo de transformação, o desmembramento da informação nos componentes do produto acabado deve ser possível e a estrutura vai definir o custo do processo de obtenção da informação.

Garantindo a transparência na cadeia de suprimentos, os processos de rastreabilidade habilitam o acesso a informações críticas de origem de matérias primas, processos de fabricação e produtos acabados incluindo demais dados e informações pertinentes ao processo industrial ou de transformação. A rastreabilidade é vista como um sistema de garantia da qualidade e da segurança dos produtos movimentados em uma cadeia de suprimentos simples ou complexa e sofre constantemente com necessidade de aperfeiçoamento pelo rápido desenvolvimento de sistemas de fraudes em alguns mercados ao redor do mundo, o que cria uma oportunidade de otimização e nivelamento das tecnologias de rastreamento em diferentes setores e ramos de negócio (TAN; THI, 2020).

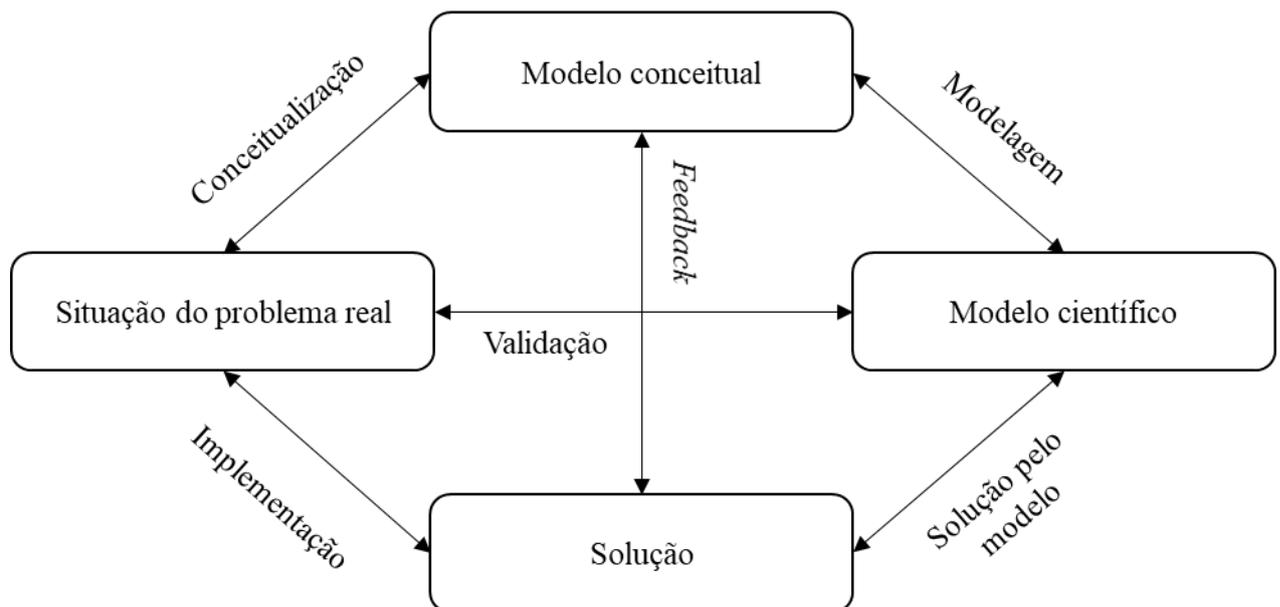
A criação de visibilidade na cadeia de suprimentos a partir de plataformas de rastreabilidade tende a conflitar com problemas atuais relacionados a justificativas de falta de desempenho organizacional entre as sistemas de informação entre os parceiros da cadeia de suprimentos e objetivos estratégicos, táticos e operacionais, avaliação e gerenciamento de riscos associados com implementação de sistemas de informação globais e conectados, falta de técnicas, tecnologia, gestão e processos para avaliação e seleção de sistemas de informação para habilitação deste modelo (MUSA et al., 2014).

### 3. Método

Este trabalho possui uma abordagem quantitativa utilizando modelagem e simulação como método de pesquisa. Turrioni e Mello (2012) recomendam esta proposta quando o objetivo é avaliar novas tecnologias, condicionando espaço para analisar o comportamento de um sistema mediante uma modificação sem de fato modificar fisicamente. Desta forma tal abordagem vai ao encontro do objetivo do presente artigo.

Para o desenvolvimento deste trabalho seguiu-se a metodologia em simulação apresentada por Mitroff em 1974 (apud TURRIONI; MELLO, 2012). Neste modelo há quatro fases para a elaboração da pesquisa, as quais estão apresentadas na Figura 3:

Figura 3 - Modelo de pesquisa para simulação



Fonte: Mitroff et al. (1974) apud Turrioni e Mello (2012)

Na fase de conceitualização, cria-se o modelo conceitual do problema e do sistema, definem-se as variáveis e limita-se o escopo em estudo. Nesta etapa, foi definido o escopo, foram desenhadas as operações da cadeia de suprimentos e foi decidida a plataforma para a simulação. Na fase de modelagem, constrói-se o modelo quantitativo científico e as relações entre as variáveis. Neste ponto, a pesquisa foi dedicada para o desenvolvimento do código e a operacionalização das variáveis.

Na fase de solução, mostram-se os resultados tangíveis das etapas anteriores, que neste trabalho foram a visualização do código e seus desdobramentos funcionando. O detalhamento desta e demais etapas estão presentes no capítulo 4.

Na última fase, implementação, tem-se os resultados do modelo implementado. No caso do vigente trabalho, não houve implementação física, uma vez que o propósito da pesquisa é o desenvolvimento do modelo com a tecnologia.

## **4. Desenvolvimento e resultado**

### **4.1 Cadeia de suprimentos do estudo**

A cadeia de suprimentos estudada é a do setor agroindustrial com recorte para o recebimento de componentes para a linha de produção de maquinários agrícolas. Os processos estudados não são específicos do setor agroindustrial e podem abranger demais sistemas produtivos e industriais.

O recorte feito nesta cadeia inicia-se com a demanda de transporte de um determinado componente com origem no fornecedor, indo até um centro de consolidação. De uma etapa a outra, não há nenhuma alteração, combinação ou mudança física do material vindo do fornecedor. No centro de consolidação, tal material é consolidado com demais materiais de outros fornecedores em um único transporte e seguem direto para a planta produtiva da indústria em questão.

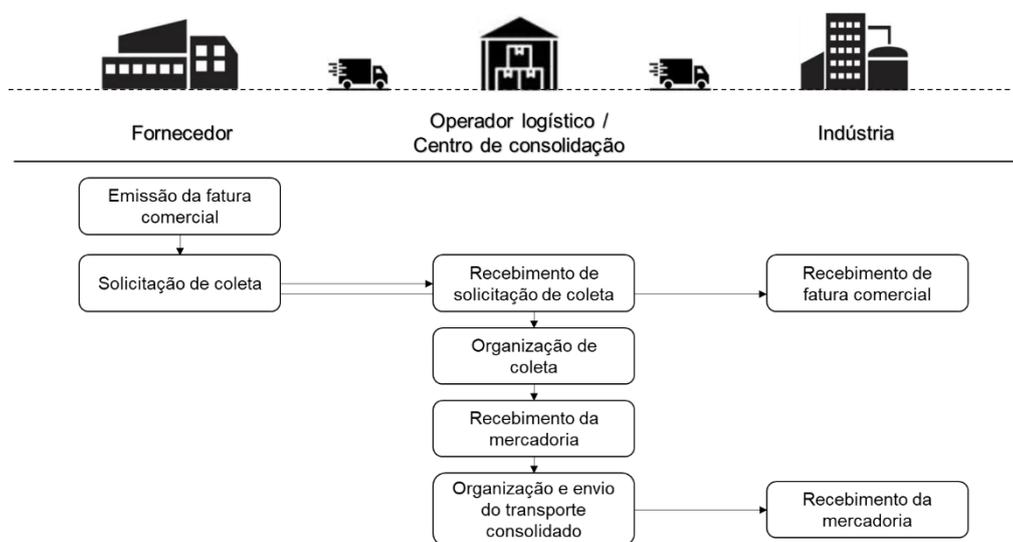
O processo descrito anteriormente implica em mudança geográfica do material, transação financeira contábil e alteração de responsabilidade em uma linha no tempo. Uma vez que se atrelam informações do espaço e do tempo do processo, é possibilitada a criação de um fluxo contínuo e uma possível rastreabilidade do material.

No fornecedor, a demanda de transporte para o centro de consolidação surge na emissão da fatura comercial, sendo um sinal de que o material está disponível para a coleta. O fornecedor manda um e-mail com a fatura comercial para o operador logístico e a fábrica informando a prontidão do material e a disponibilidade para coleta.

O operador logístico direciona um transporte de coleta do fornecedor para o centro de consolidação. O centro de consolidação, gerenciado pelo mesmo operador logístico, recebe o produto, organiza em um segundo transporte com demais produtos de outros fornecedores e expede para a planta sob prévio aviso.

A planta produtiva recebe tal material, armazena temporariamente e, no devido tempo, da entrada do componente na linha de produção. O registro final ocorre quando este, agora pertencente ao produto, sai da linha de montagem.

Figura 4 – Mapeamento do recorte da cadeia em estudo



Fonte: dos autores

No modelo, a planta produtiva não retorna ao fornecedor com a aprovação ou rejeição perante quantidade enviada. Se a quantidade enviada e cobrada for maior ou menor da ordem de compra, tal diferença será balanceada em pedidos futuros de compra. Da mesma forma, a planta produtiva também não interfere nas operações de transporte entre o fornecedor e a planta, pois há previamente padrões acordados e níveis de serviço a serem cumpridos.

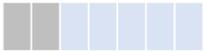
#### 4.2 Cadeia de suprimentos com simulação e modelagem para a aplicação do *blockchain*

Para o desenvolvimento do *blockchain* no presente trabalho, foi selecionada a plataforma Ethereum, pois segundo Korpela et al. (2017) esta é atualmente a mais indicada para executar contratos inteligentes. O ambiente online de simulação será o REMIX IDE e a construção do contrato inteligente será feito na linguagem de programa Solidity.

O recorte dessa cadeia, conforme apresentado no capítulo na subseção anterior, é composto por um fornecedor, um operador logístico e uma fábrica. Porém, em decorrência da estrutura que a simulação no Remix é sistematizada, estes elos e alguns conceitos estarão expressos pelos seus processos na modelagem da cadeia.

Foram seis processos fundamentais identificados e estes serão chamados de eventos. Para cada um destes eventos foram definidas informações, as quais são necessárias para o fluxo do material ocorrer. Essas informações são chamadas de variáveis. O Quadro 1 relaciona os eventos, com os elos e as informações definidas para armazenamento no bloco.

Quadro 1 – Eventos e variáveis definidas no modelo

Eventos / Elos	Fornecedor	Operador logístico	Indústria
Emissão do pedido de coleta pelo fornecedor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Núm. fornecedor,</li> <li>• Peso do produto,</li> <li>• Volume do produto</li> <li>• Núm. fatura</li> </ul>		
Expedição do produto no	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data/Hora da expedição</li> </ul>		
Registro do produto no operador logístico		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Núm. operador log.</li> <li>• Data/ Hora Recebimento</li> <li>• Núm. fatura</li> <li>• Núm. transporte</li> </ul>	
Recebimento do Produto na fábrica			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data/Hora do recebimento</li> <li>• Núm. fatura</li> </ul>
Entrada do produto na linha			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data/Hora entrada na linha</li> </ul>
Registro do produto final			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Núm. lote</li> </ul>
Conteúdo no bloco			

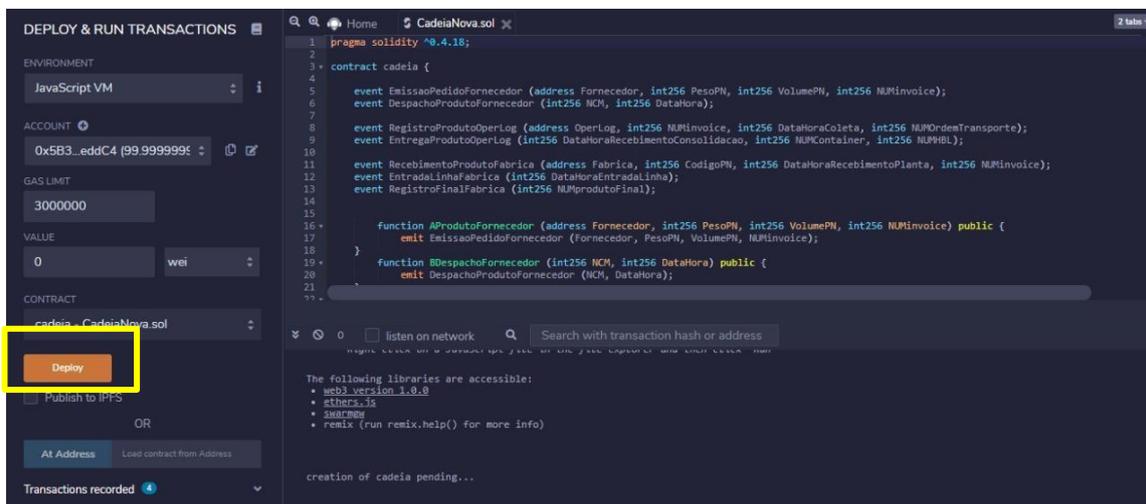
Fonte: dos autores

As variáveis são consideradas conteúdo das chamadas “*functions*”. No código, a “*function*” é uma função que engloba outras funções (*emit* e *assert*), as quais são responsáveis por realizar determinadas operações com as variáveis.

Além das funções, o código desempenha comandos como o chamado comando *emit*, responsável por armazenar a informação trazida pelas variáveis. Outro comando utilizado é o *assert*, o qual valida determinadas variáveis no decorrer do fluxo de informação (blocos) na cadeia. No presente trabalho, ambos os comandos anteriormente descritos foram utilizados. O comando *assert* é utilizado para comparar o número de fatura emitido nos eventos de expedição e o número da fatura nos eventos de recebimento.

Com estas definições fundamentadas, o contrato pode ser implementado e disponibilizado para transações (*deploy*). A Figura 5 mostra parte de código criado e a opção de *deploy* no Remix destacada em amarelo.

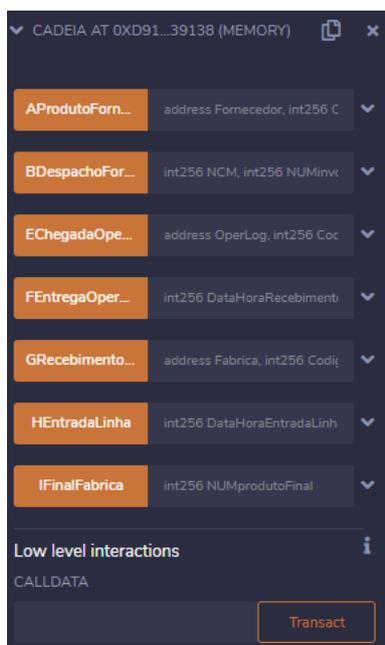
Figura 5 - Implementação do contrato através do botão “Deploy”



Fonte: os autores

Após selecionar a implementação, as funções definidas são disponibilizadas em uma lista conforme mostra a Figura 6.

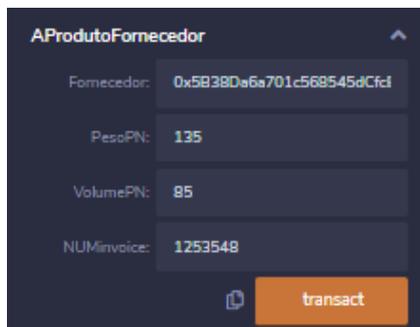
Figura 6 - Visualização da implementação da função dos eventos definidos com código no Remix



Fonte: os autores

Dentro delas, há o campo das variáveis previamente definidas com campo para a entrada de informação como apresentado posteriormente na Figura 7. Ao adicionar as informações demandadas nos campos das variáveis e finalizar no “*transact*”, há a criação do bloco com as informações compiladas. A transação será concluída e registrada no próprio Remix.

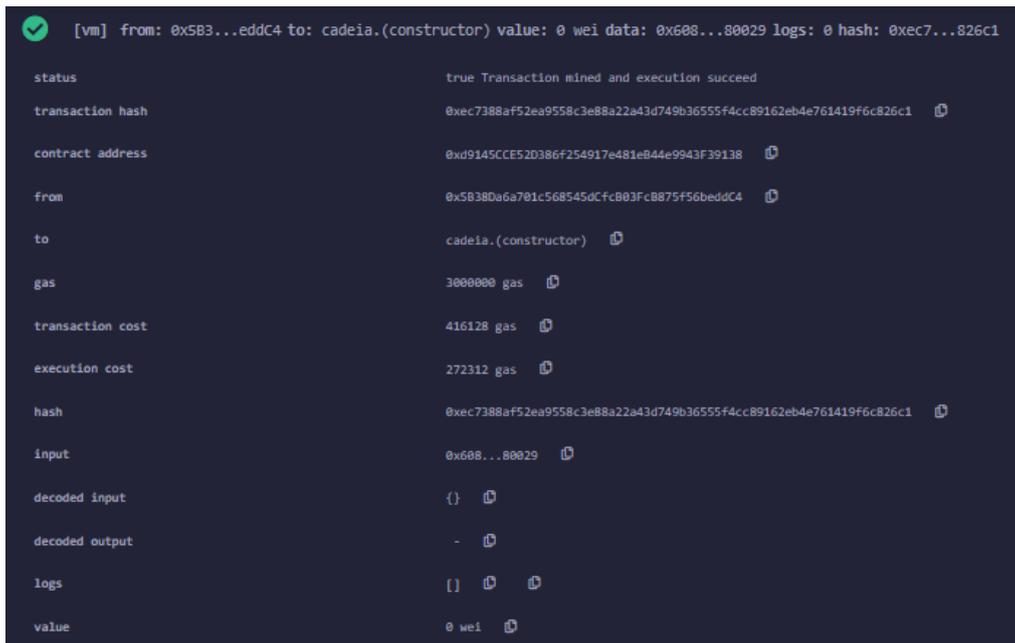
Figura 7 – Exemplificação de uma transação aleatória no input criado



Fonte: os autores

Tal registro pode ser consultado na área de memória do contrato, na qual as variáveis e funções são armazenadas como mostra a Figura 8. São indicados neste espaço informações, como *status* da transação (se ela foi realizada com sucesso ou não), o *hash* da transação, o endereço do contrato, a conta que originou a transação do contrato, o *hash* do bloco em que a informação foi armazenada e os custos envolvidos na transação.

Figura 8 - Área de armazenamento do contrato no Remix IDE



```

[vm] from: 0x5B3...eddC4 to: cadeia.(constructor) value: 0 wei data: 0x608...80029 logs: 0 hash: 0xec7...826c1

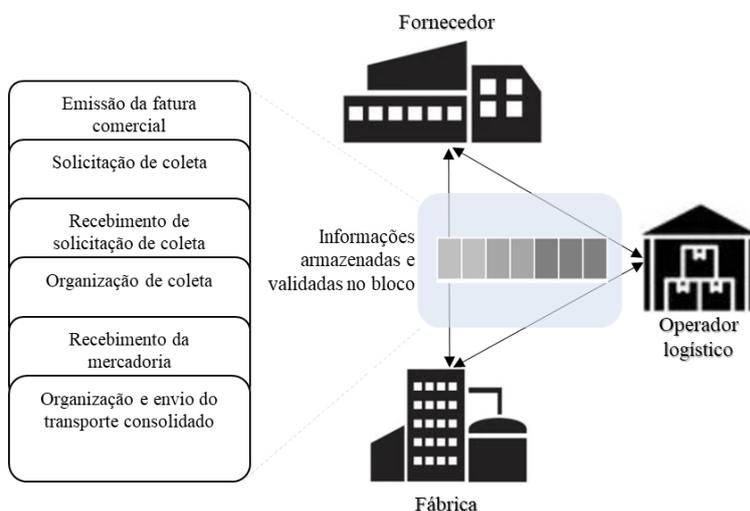
status           true Transaction mined and execution succeed
transaction hash  0xec7388af52ea9558c3e88a22a43d749b36555f4cc89162eb4e761419f6c826c1
contract address 0xd9145CCE520386f254917e481e844e9943F39138
from             0x5B380a6a701c568545dCfcB03Fc8875f56beddC4
to              cadeia.(constructor)
gas             3000000 gas
transaction cost 416128 gas
execution cost   272312 gas
hash            0xec7388af52ea9558c3e88a22a43d749b36555f4cc89162eb4e761419f6c826c1
input           0x608...80029
decoded input    {}
decoded output   -
logs            []
value           0 wei
  
```

Fonte: os autores

As informações que são armazenadas durante as transações também podem ser consultadas nesse ambiente, essas aparecem nos campos *logs* e *decode input*. Como exemplo, foram colocadas informações de teste para exemplificar esse registro e após realizar a transação, tais informações aparecem nos campos citados da área de memória.

O recorte da cadeia de suprimentos com a simulação da tecnologia *blockchain* permite mostrar que, pela natureza descentralizada de tal tecnologia, ela permite que os elos da cadeia acessem e adicionem dados de forma segura. Da mesma forma que há o armazenamento dos dados de forma centralizada no bloco, há a descentralização do acesso, uma vez que o *blockchain* permite visibilidade para todos os envolvidos no processo.

Figura 9 – Cadeia de suprimentos com *blockchain*



Fonte: os autores

## 5. Considerações finais

A simulação de aplicação de Blockchain em um recorte de uma cadeia de suprimentos real confirma a proposta inicial sobre a viabilidade operacional da tecnologia e também marca o início de um possível espaço de aprofundamento e desenvolvimento de pesquisas para aplicação de Blockchain. Pudemos observar de maneira sistemática como se dá a interação entre as informações e as operações do recorte selecionado como modelo para a simulação e obter maior clareza sobre a complexidade de operação de tal tecnologia.

Avaliando a aplicabilidade do modelo na cadeia de suprimentos a partir desta pesquisa é possível confirmar a melhoria de diversos problemas relacionados ao fluxo de informação e controle da operação que são atendidos e resolvidos pela própria característica da tecnologia Blockchain afetando positivamente requisitos de desempenho em agilidade, rastreabilidade, confiabilidade da rede e transparência na cadeia de suprimentos de ponta a ponta.

Entendemos que o trabalho pode ser ampliado por outras pesquisas que busquem avançar em modelos maiores e mais complexos para simulação de gestão das informações na cadeia de suprimentos em outros setores, incluindo também mais etapas operacionais da cadeia de suprimentos com algoritmos mais complexos e como um maior número de regras e elementos nos *Smart Contracts*.

## 7. Agradecimentos

Cordiais agradecimentos ao Centro de Pesquisa em Engenharia de Produção – CENPRO, da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

## REFERÊNCIAS

- DABBENE, Fabrizio; GAY, Paolo. Food traceability systems: Performance evaluation and optimization. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 75, n. 1, p. 139-146, 2011.
- HAIPOUR, Vahid et al. An optimization model for traceable closed-loop supply chain networks. **Applied Mathematical Modelling**, v. 71, p. 673-699, 2019.
- LAMBERT, Douglas M.; ENZ, Matias G. Issues in supply chain management: Progress and potential. **Industrial Marketing Management**, v. 62, p. 1-16, 2017.
- MIN, Hokey. Blockchain technology for enhancing supply chain resilience. **Business Horizons**, v. 62, n. 1, p. 35-45, 2019.
- MOKHESENG, Mamolise; HORN, Gideon S.; KLOPPER, Aileen G. Supply chain solutions to improve the distribution of antiretroviral drugs (ARVs) to clinics in rural areas: A case study of the QwaQwa district. **health sa gesondheid**, v. 22, p. 93-104, 2017.
- MUSA, Ahmed; GUNASEKARAN, Angappa; YUSUF, Yahaya. Supply chain product visibility: Methods, systems and impacts. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 1, p. 176-194, 2014.
- SAIKOUK, Tarik; SPALANZANI, Alain. Review, typology and evaluation of traceability technologies: Case of the French forest supply chain. In: **Supply Chain Forum: An International Journal**. Taylor & Francis, 2016. p. 39-53.
- STOCK, James R.; BOYER, Stefanie L.; HARMON, Tracy. Research opportunities in supply chain management. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 38, n. 1, p. 32-41, 2010.
- KAMBLE, Sachin; GUNASEKARAN, Angappa; ARHA, Himanshu. Understanding the Blockchain technology adoption in supply chains-Indian context. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 7, p. 2009-2033, 2019.
- KORPELA, Kari; HALLIKAS, Jukka; DAHLBERG, Tomi. Digital supply chain transformation toward blockchain integration. In: **proceedings of the 50th Hawaii international conference on system sciences**. 2017.

TAN, Albert; NGAN, Pham Thi. A proposed framework model for dairy supply chain traceability. **Sustainable Futures**, v. 2, p. 100034, 2020.

TAVARES, P.R., & IGNÁCIO, P.S.A. **A utilização de Blockchain na Cadeia de Suprimentos Internacional**. XXVI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção 2019. 2019.

TURRIONI, J. B., MELLO, CARLOS H.P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Itajubá: Unifei. 2012.