



Integração de Blockchain e Scrum: Desenvolvimento de um Sistema para Transações Seguras e Gestão Ágil de Projetos

Guilherme R. O. Silva¹, Diogo R. P. Santana¹, Uelber U. V. Lima¹, Luiz G. S. S. Pedro¹, Wendel G. C. Dias¹, Elton F. Silva^{1*}

¹ Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Escola de Tecnologias

Universidade Católica do Salvador (UCSAL)

Av. Prof. Pinto de Aguiar, 2589 Pituvaçu, CEP: 41740-090

Salvador/BA, Brasil

¹{*guilhermeribeiro.silva, diogoryan.santana, uelber.lima, luiz.pedro, wendel.dias*}@ucsal.edu.br

^{1*}{*elton.figueredo*}@pro.ucsal.edu.br

Abstract. This work presents Scrum Chain, a tool that integrates Blockchain technology into the Scrum framework to mitigate the lack of transparency and immutability in traditional management tools. The methodology adopted is applied and exploratory, structured in stages of literature review, architecture definition, and software development using React, Node.js, PostgreSQL, and Solidity smart contracts. Empirical validation was conducted in two distinct scenarios: (i) a commercial case study during the development of the TokenShop system and (ii) an academic experiment involving ten student teams. The results demonstrate that the solution ensures complete auditability of agile cycle events and strengthens trust among stakeholders, although integration with digital wallets still presents usability barriers. The study concludes that Scrum-Blockchain hybridization is viable and promising for environments requiring high traceability.

Resumo. Este trabalho apresenta o Scrum Chain, uma ferramenta que integra a tecnologia Blockchain ao framework Scrum visando mitigar a falta de transparência e imutabilidade em ferramentas tradicionais de gestão. A metodologia adotada é de natureza aplicada e exploratória, estruturada em etapas de revisão bibliográfica, definição de arquitetura e desenvolvimento de software utilizando React, Node.js, PostgreSQL e contratos inteligentes em Solidity. A validação foi conduzida em dois cenários distintos: (i) um estudo de caso comercial durante o desenvolvimento do sistema TokenShop e (ii) um experimento acadêmico envolvendo dez equipes de estudantes. Os resultados demonstram que a solução assegura a auditabilidade completa dos eventos do ciclo ágil e fortalece a confiança entre stakeholders, embora a integração com carteiras digitais ainda apresente barreiras de usabilidade. O estudo conclui que a hibridização Scrum-Blockchain é viável e promissora para ambientes que exigem alta rastreabilidade.

1 Introdução

A evolução tecnológica tem transformado constantemente os processos de desenvolvimento de software e os sistemas de gestão de transações comerciais. Neste cenário, a busca por soluções que unam transparência, segurança e eficiência é cada vez mais relevante para organizações e equipes de desenvolvimento. Duas tecnologias de destaque nesse contexto são o **Blockchain**, mecanismo de registro distribuído e imutável, e o **Scrum**, framework ágil amplamente adotado para gestão e planejamento de projetos de software. A integração destas tecnologias abre caminho para novas ferramentas capazes de aprimorar a confiabilidade das transações e a transparência nos processos de desenvolvimento.

Nesse contexto, este trabalho tem como foco a criação do sistema **Scrum-Chain**, uma ferramenta inovadora criada para integrar os princípios ágeis do Scrum à robustez e rastreabilidade proporcionadas pelo Blockchain. O Scrum-Chain tem o desafio de superar limitações de ferramentas tradicionais de gestão ágil, como Trello e Jira, registrando de forma imutável todos os eventos relevantes do ciclo Scrum — gerenciamento de equipes, de backlogs, de sprints — em uma cadeia de blocos, tornando-os auditáveis e resistentes à manipulação.

1.1 Justificativa

A importância deste estudo se faz necessária em várias dimensões:

No contexto acadêmico, contribui para o avanço do conhecimento sobre a integração de metodologias ágeis com tecnologias de registro distribuído, fornecendo percepções sobre os desafios e benefícios dessa combinação. No âmbito empresarial, oferece um modelo inovador de implementação para organizações que buscam maior segurança em seus processos de desenvolvimento e gestão de projetos. Do ponto de vista geral, ferramentas como o Scrum-Chain têm potencial para beneficiar tanto consumidores quanto empresas, reduzindo fraudes, disputas e promovendo maior confiabilidade nos registros de projetos.

Além disso, a crescente adoção de soluções baseadas em Blockchain e metodologias ágeis em diversos setores evidencia a necessidade de pesquisas que explorem sua sinergia. Segundo relatório da Grand View Research (2021), o mercado global de Blockchain deve atingir US\$ 394,60 bilhões até 2028, enquanto o State of Agile Report (2021) indica que 94% das organizações praticam metodologias ágeis. Esses dados reforçam a importância de investigar como estas tecnologias podem ser integradas de forma eficaz.

1.2 Situação/Problema

Apesar do avanço das metodologias ágeis e da popularização do Scrum, as ferramentas de apoio amplamente utilizadas ainda dependem de registros centralizados, sujeitos a falhas, alterações e até manipulação de dados históricos, o que dificulta auditoria e compromete a confiança em processos críticos. Em ambientes de alta exigência regulatória, equipes distribuídas ou projetos com múltiplos stakeholders, a necessidade de transparência, segurança e descentralização nos registros torna-se ainda mais evidente.

1.3 Questão de Pesquisa

Este trabalho busca responder à seguinte questão:

De que maneira a integração da tecnologia blockchain ao framework Scrum impacta a transparência, a segurança e a auditabilidade da gestão de projetos, e quais são os desafios práticos enfrentados na implementação dessa abordagem em comparação às ferramentas tradicionais?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver, implementar e avaliar a ferramenta Scrum-Chain como uma solução inovadora para o gerenciamento ágil de projetos, utilizando blockchain para garantir registros imutáveis e fomentar a confiança entre os participantes.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto, foram definidas as seguintes etapas:

- Mapear os artefatos e cerimônias do Scrum (como Backlog e Sprints) que demandam maior rigor de auditoria e definir como traduzi-los para a lógica de contratos inteligentes;
- Implementar a plataforma *Scrum Chain* utilizando uma arquitetura híbrida, integrando uma interface web (React e Node.js) com registros imutáveis em blockchain (Solidity/Ethereum);

- Validar a viabilidade técnica e a integridade dos dados aplicando a ferramenta no desenvolvimento real do sistema comercial *TokenShop*;
- Avaliar a usabilidade, a curva de aprendizado e a percepção de transparência da ferramenta por meio de experimentos práticos com equipes acadêmicas.

1.5 Metodologia

A pesquisa deste trabalho está estruturada em quatro etapas principais. Inicialmente, realiza-se uma revisão da literatura sobre Scrum, ferramentas ágeis e blockchain. Em seguida, é feita a análise crítica das ferramentas existentes e o levantamento de requisitos para o Scrum-Chain. A terceira etapa compreende o desenvolvimento e implementação da ferramenta, detalhando sua arquitetura, funcionalidades e integração dos eventos do Scrum ao registro em blockchain. Por fim, a ferramenta é avaliada por meio de estudo de caso, com coleta e análise de dados qualitativos e quantitativos sobre sua eficiência, transparência e aceitação pelos usuários.

1.6 Estrutura do Documento

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Apresenta o contexto, o problema de pesquisa, objetivos, metodologia e estrutura do trabalho.
- **Capítulo 2 – Fundamentação Teórica:** Explora os conceitos de Scrum, blockchain, ferramentas ágeis e integração entre eles.
- **Capítulo 3 – Desenvolvimento do Scrum-Chain:** Detalha a concepção, arquitetura e implementação da ferramenta.
- **Capítulo 4 – Estudo de Caso e Avaliação:** Apresenta a aplicação prática da ferramenta, resultados e análise crítica.
- **Capítulo 5 – Considerações Finais:** Discute os principais achados, limitações e perspectivas para trabalhos futuros.

Com o roteiro definido, o capítulo a seguir estabelece as bases conceituais de Blockchain e Scrum essenciais para a compreensão da solução proposta.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Tecnologia Blockchain

O Blockchain é uma tecnologia de registro distribuído que permite armazenar dados em múltiplos dispositivos, conhecidos como nós, de forma descentralizada. Sua arquitetura baseia-se em uma cadeia de blocos interligados por funções hash criptográficas, criando um registro imutável e transparente de transações (NAKAMOTO, 2008).

2.1.1 Conceitos e Princípios Fundamentais

O funcionamento do Blockchain está alicerçado em três princípios essenciais: descentralização, imutabilidade e transparência. A descentralização elimina a necessidade de uma autoridade central, distribuindo o controle entre os participantes da rede através de mecanismos de consenso. A imutabilidade garante que os dados, uma vez registrados, não possam ser alterados ou excluídos, proporcionando uma trilha de auditoria permanente. A transparência permite que todas as transações sejam visíveis para os participantes autorizados, embora as identidades possam ser protegidas por criptografia (ZHENG et al., 2018).

Em sua estrutura básica, o Blockchain organiza as transações em blocos. Cada bloco contém um conjunto de transações, um timestamp (carimbo de data/hora) e uma referência ao bloco anterior (hash). Esta referência cria uma cadeia sequencial, onde qualquer alteração em um bloco invalidaria todos os blocos subsequentes, garantindo a integridade dos dados (TSCHORSCH; SCHEUERMANN, 2016).

2.1.2 Tipos de Blockchain

Os sistemas Blockchain podem ser classificados em três categorias principais, conforme seu modelo de acesso e controle:

- **Blockchain público:** Completamente aberto, permite que qualquer pessoa participe da rede, validando transações e mantendo cópias do registro. Bitcoin e Ethereum são exemplos proeminentes (ZHENG et al., 2018).
- **Blockchain privado:** Acesso restrito a participantes autorizados, geralmente controlado por uma organização. Oferece maior desempenho e controle, sacrificando parte da descentralização (WÜST; GERVAIS, 2018).
- **Blockchain de consórcio:** Um meio-termo, onde o consenso é controlado por um grupo pré-selecionado de nós. É comum em ambientes empresariais onde várias organizações precisam compartilhar dados com governança distribuída (VIRIYASITAVAT et al., 2019).

2.1.3 Smart Contracts

Os contratos inteligentes (smart contracts) são programas autoexecutáveis armazenados no Blockchain que processam transações automaticamente quando condições predefinidas são atendidas (BUTERIN et al., 2014). Introduzidos pela plataforma Ethereum, esses contratos permitem implementar lógica de negócios complexa de forma descentralizada e sem intermediários.

Os contratos inteligentes apresentam características essenciais para aplicações comerciais:

- **Execução automática:** Uma vez que as condições programadas são satisfeitas, o contrato executa-se automaticamente, sem necessidade de intervenção humana.
- **Transparência:** O código do contrato é visível para todos os participantes, garantindo que as regras de negócio sejam claras e verificáveis.
- **Imutabilidade:** Após implantados, não podem ser alterados, o que garante que as regras não serão modificadas unilateralmente.
- **Redução de intermediários:** Eliminam a necessidade de terceiros para validar e executar acordos, reduzindo custos e atritos nas transações.

Em sistemas comerciais, os smart contracts podem automatizar processos como pagamentos condicionais, liberação de produtos após confirmação de pagamento, gestão de garantias e resolução de disputas, criando um ambiente de confiança mesmo entre partes que não se conhecem (SAVELYEV, 2017).

2.2 Framework Scrum

O Scrum é um framework ágil para gestão e desenvolvimento de produtos complexos, especialmente software, que se baseia em ciclos iterativos e incrementais. Criado por Ken Schwaber e Jeff Sutherland, o Scrum tornou-se uma das metodologias ágeis mais adotadas globalmente devido à sua simplicidade e eficácia (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).

2.2.1 Princípios e Valores

O Scrum fundamenta-se em três pilares essenciais:

- **Transparência:** Todos os aspectos significativos do processo devem ser visíveis e compreensíveis para os responsáveis pelo resultado.
- **Inspeção:** Os artefatos Scrum e o progresso em direção às metas devem ser frequentemente inspecionados para detectar desvios indesejáveis.

- **Adaptação:** Se um aspecto do processo desvia-se além dos limites aceitáveis, ajustes devem ser realizados o mais rapidamente possível para minimizar desvios adicionais (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).

Além disso, o framework incorpora os valores do Manifesto Ágil: indivíduos e interações sobre processos e ferramentas; software em funcionamento sobre documentação abrangente; colaboração com o cliente sobre negociação de contratos; e responder a mudanças sobre seguir um plano (BECK et al., 2001).

2.2.2 Componentes Fundamentais

O framework Scrum é composto por três elementos principais:

1. Papéis:

- **Product Owner:** Responsável por maximizar o valor do produto, gerenciar o Product Backlog e representar os interesses dos stakeholders.
- **Scrum Master:** Facilitador que garante que o Scrum seja entendido e aplicado, removendo impedimentos e facilitando eventos.
- **Developers:** Equipe multifuncional responsável por entregar incrementos potencialmente utilizáveis do produto ao final de cada Sprint.

2. Eventos:

- **Sprint:** Ciclo de desenvolvimento de duração fixa (geralmente 1-4 semanas) durante o qual um incremento de produto utilizável é criado.
- **Sprint Planning:** Reunião para planejar o trabalho a ser executado durante o Sprint.
- **Daily Scrum:** Encontro diário de 15 minutos para sincronizar atividades e criar um plano para as próximas 24 horas.
- **Sprint Review:** Reunião ao final do Sprint para inspecionar o incremento e adaptar o Product Backlog.
- **Sprint Retrospective:** Oportunidade para a equipe inspecionar a si mesma e criar um plano de melhorias para o próximo Sprint (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).

3. Artefatos:

- **Product Backlog:** Lista ordenada de tudo que é necessário para o produto, em constante evolução.

- **Sprint Backlog:** Conjunto de itens do Product Backlog selecionados para o Sprint, mais um plano para entregá-los.
- **Incremento:** Soma de todos os itens do Product Backlog completados durante um Sprint e todos os Sprints anteriores, formando um produto potencialmente entregável (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).

2.3 Hibridização envolvendo o Framework Scrum

A hibridização metodológica, no contexto de desenvolvimento de software, refere-se à combinação de diferentes metodologias, frameworks ou práticas para criar uma abordagem personalizada que melhor atenda às necessidades específicas de um projeto ou organização (KUHRMANN et al., 2017). Com o Scrum ganhando popularidade global, sua integração com outras abordagens tem se tornado cada vez mais comum.

2.3.1 Modelos de Hibridização

Diversos modelos de hibridização envolvendo o Scrum são documentados na literatura e na prática da indústria:

- **Scrumban:** Combina elementos do Scrum com o sistema visual e fluxo contínuo do Kanban, sendo particularmente útil para equipes de manutenção ou com trabalho altamente variável (LADAS, 2008).
- **Scrum-XP Hybrid:** Incorpora práticas de engenharia do Extreme Programming (XP) como programação em pares, desenvolvimento orientado a testes e integração contínua dentro do framework Scrum, reforçando a qualidade técnica (FITZGERALD; HARTNETT; CONBOY, 2006).
- **Water-Scrum-Fall:** Integra elementos de planejamento inicial do modelo cascata (Waterfall), com ciclos de desenvolvimento Scrum e processos estruturados de implementação, comum em organizações com fortes requisitos de governança (WEST et al., 2011).
- **DevOps-Scrum:** Alinha os ciclos Scrum com práticas de DevOps para automação de implantação, monitoramento e feedback contínuo, reduzindo o tempo entre desenvolvimento e produção (HÜTTERMANN, 2012).

2.3.2 Motivações para Hibridização

Organizações e equipes adotam abordagens híbridas envolvendo Scrum por diversas razões:

- **Adaptação a contextos específicos:** Personalização do framework para atender a requisitos regulatórios, domínios técnicos específicos ou culturas organizacionais (THEOCHARIS et al., 2015).
- **Transição gradual:** Facilitação da mudança de métodos tradicionais para ágeis, minimizando resistência e riscos (DIKERT; PAASIVAARA; LASSENIUS, 2016).
- **Complementação de práticas:** Preenchimento de lacunas do Scrum em áreas específicas, como práticas de engenharia ou escalabilidade (KUHRMANN et al., 2017).
- **Otimização de eficiência:** Combinação dos pontos fortes de diferentes abordagens para maximizar produtividade e qualidade (VIJAYASARATHY; BUTLER, 2016).

2.3.3 Princípios para Hibridização Efetiva

Para obter sucesso na hibridização do Scrum com outras abordagens, alguns princípios são recomendados:

- **Preservar valores fundamentais:** Manter os princípios e valores ágeis como base, evitando comprometer aspectos essenciais como transparência e adaptabilidade.
- **Aplicar com propósito:** Cada elemento adicionado ou modificado deve ter um propósito claro e benefício demonstrável.
- **Manter a simplicidade:** Adicionar apenas o necessário, evitando burocracia ou complexidade desnecessária.
- **Inspeccionar e adaptar:** Tratar o próprio modelo híbrido como um produto em evolução, revisando e refinando continuamente sua eficácia (KRUCHTEN, 2013).

2.4 Integração Blockchain-Scrum

A integração entre Blockchain e Scrum representa uma área emergente que busca combinar a segurança e transparência da tecnologia Blockchain com a agilidade e adaptabilidade do framework Scrum. Esta convergência oferece oportunidades únicas para o desenvolvimento de sistemas mais confiáveis e processos mais eficientes.

2.4.1 Princípios

Ambas as tecnologias compartilham princípios fundamentais que facilitam sua integração:

- **Transparência:** O Blockchain oferece transparência através de seu registro imutável e verificável, enquanto o Scrum promove transparência nos processos, artefatos e progresso do trabalho.

- **Descentralização e autonomia:** O Blockchain distribui autoridade através de sua arquitetura descentralizada, enquanto o Scrum valoriza equipes autogerenciáveis com autoridade para tomada de decisões.
- **Incrementalidade:** O Blockchain cresce por adições sequenciais de blocos, enquanto o Scrum desenvolve produtos por meio de incrementos funcionais (BAI; GUO; LIN, 2018).

2.4.2 Aplicações da Integração

A integração de Blockchain e Scrum pode ser aplicada em duas dimensões principais:

1. Utilização de Blockchain como ferramenta de suporte ao Scrum:

- **Rastreabilidade de requisitos:** Registro imutável das alterações no Product Backlog, facilitando auditoria e conformidade.
- **Gerenciamento de Sprint:** Documentação transparente e verificável de compromissos e entregas da equipe.
- **Registro de decisões:** Captura permanente de decisões tomadas durante eventos Scrum, reduzindo disputas e ambiguidades (NAYAK et al., 2019).
- **Contratos de trabalho:** Implementação de smart contracts para automatizar a validação de critérios de aceitação e liberação de pagamentos por incrementos entregues (CHAKRABORTY; SHARMA; MLE, 2018).

2. Utilização de Scrum para desenvolvimento de sistemas baseados em Blockchain:

- **Desenvolvimento iterativo de smart contracts:** Criação e refinamento incremental de contratos inteligentes através de sprints, permitindo feedback constante dos stakeholders.
- **Validação contínua:** Testes frequentes da lógica dos contratos e interações com o blockchain, reduzindo riscos em um domínio tecnicamente complexo.
- **Adaptação à evolução tecnológica:** Flexibilidade para incorporar mudanças em plataformas de blockchain e ferramentas de desenvolvimento, que estão em rápida evolução (MARCHESI; MARCHESI; TONELLI, 2018).

2.4.3 Desafios da Integração

A integração entre Blockchain e Scrum também apresenta desafios específicos:

- **Imutabilidade versus adaptabilidade:** A natureza imutável do blockchain pode criar tensão com a ênfase do Scrum em adaptações constantes, especialmente na evolução de smart contracts já implantados.
- **Complexidade técnica:** O desenvolvimento blockchain frequentemente requer conhecimentos especializados, o que pode comprometer a multifuncionalidade ideal das equipes Scrum.
- **Custos de infraestrutura:** Operações em redes blockchain públicas (como Ethereum) incorrem em custos por transação, o que pode complicar o planejamento de sprints e estimativas de recursos.
- **Verificação e validação:** Testar smart contracts é mais complexo do que software convencional, pois erros podem ser irreversíveis após implantação (PORRU et al., 2017).

Esta integração, quando bem implementada, tem o potencial de criar sistemas que combinam a confiabilidade e segurança do Blockchain com a eficiência e adaptabilidade do Scrum, estabelecendo uma base sólida para o desenvolvimento de aplicações comerciais inovadoras.

2.5 Considerações sobre o Capítulo

A análise realizada evidencia o potencial de integração entre Blockchain e Scrum, mas também seus desafios técnicos. Fundamentado nestes conceitos, o capítulo a seguir detalha a concepção prática do Scrum Chain, descrevendo sua arquitetura, contratos inteligentes e interface.

3 A Ferramenta: Scrum Chain

Este capítulo apresenta detalhadamente a ferramenta **Scrum Chain**, desenvolvida como uma solução inovadora para gestão ágil de projetos, integrando o framework Scrum à tecnologia blockchain. O objetivo é demonstrar a arquitetura, principais funcionalidades e diferenciais da plataforma, conforme implementado pela nossa equipe.

3.1 Apresentação da Ferramenta

O **Scrum Chain** é um sistema de gerenciamento ágil de projetos baseado no framework Scrum, que utiliza a tecnologia blockchain para registrar, de forma imutável, todos os eventos e operações críticas do ciclo Scrum — como alterações no backlog, decisões de sprint, entregas e aprovações. A plataforma foi desenvolvida para superar as limitações

de ferramentas tradicionais como Trello e Jira, garantindo maior transparência, rastreabilidade e segurança na gestão ágil de projetos.

O sistema oferece uma interface moderna baseada em React, por meio da qual o usuário pode gerenciar dashboards, backlog, sprints, tarefas, equipes e consultar o histórico completo dos projetos. Todas as operações relevantes são registradas tanto em um banco de dados relacional PostgreSQL, quanto na blockchain via contratos inteligentes Solidity, garantindo integridade, auditabilidade e descentralização.

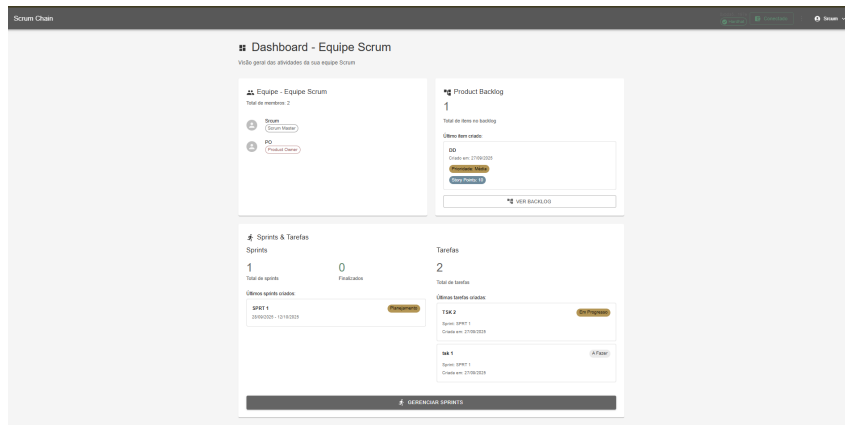


Figura 1 – Dashboard da ferramenta Scrum Chain

3.2 Arquitetura e Tecnologias

O Scrum Chain adota uma arquitetura multicamadas, composta por:

- **Frontend:** Desenvolvido em React.js, fornece uma interface intuitiva para gerenciamento do projeto e interação com os demais componentes do sistema.
- **Backend:** Implementado em Node.js com Express, responsável por processar requisições do frontend, realizar validações e interagir tanto com o banco de dados quanto com a blockchain.
- **Banco de Dados:** Utiliza PostgreSQL para persistência de dados operacionais, como usuários, tarefas, sprints, backlog e histórico de ações.
- **Blockchain:** Conjunto de contratos inteligentes em Solidity, que registram operações críticas do Scrum (backlog, equipe, sprints, tarefas) na blockchain Ethereum, garantindo imutabilidade e transparência.

O frontend se comunica com o backend por meio de APIs REST e com a blockchain via MetaMask ou ferramentas similares, garantindo a sincronização e segurança das operações.

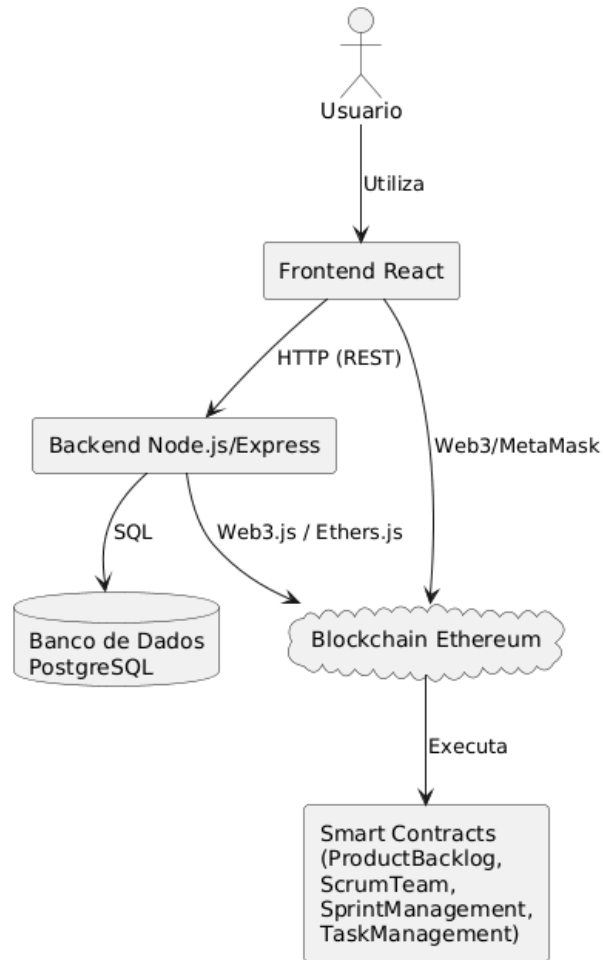


Figura 2 – Diagrama de arquitetura do Scrum Chain

3.3 Principais Funcionalidades e Fluxos

O núcleo do Scrum Chain é composto por quatro contratos inteligentes principais:

- **ProductBacklog:** Gerencia o registro e priorização dos itens do backlog do projeto.
- **ScrumTeam:** Administra os membros da equipe Scrum, papéis e permissões.
- **SprintManagement:** Controla os ciclos de sprint, planejamento, distribuição de tarefas e encerramento.
- **TaskManagement:** Gerencia o ciclo de vida das tarefas, desde a criação até a finalização.

A interface permite ao Product Owner e membros da equipe a criação e priorização de backlog, gerenciamento de sprints, designação de tarefas e acompanhamento do progresso. O backend orquestra todas as operações, atualizando o banco de dados e, quando necessário, acionando os contratos inteligentes para registro na blockchain.

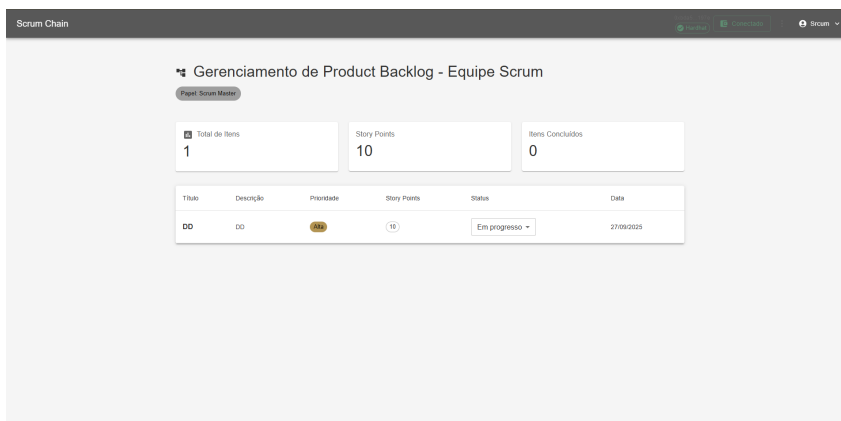


Figura 3 – Tela de gerenciamento do Product Backlog

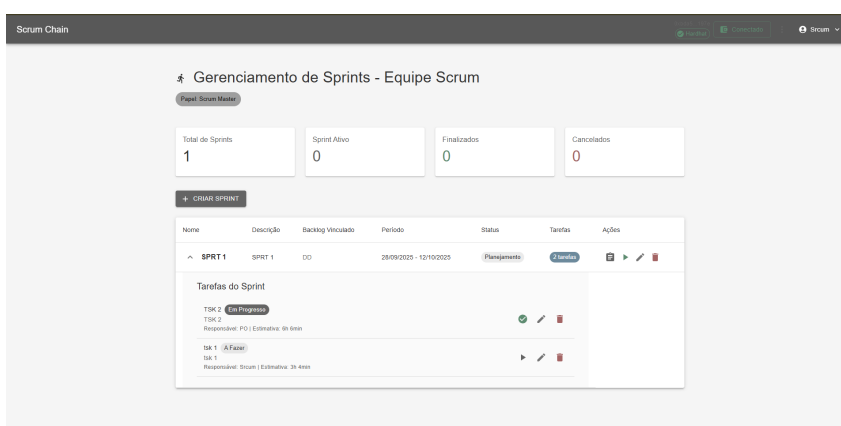


Figura 4 – Tela de gerenciamento de Sprint

3.4 Diferenciais e Benefícios

Os principais diferenciais do Scrum Chain em relação às soluções tradicionais são:

- **Registro Imutável:** Operações críticas do Scrum ficam gravadas na blockchain, eliminando riscos de alteração retroativa ou manipulação.
- **Automação via Smart Contracts:** Critérios de aceite, validações e aprovações podem ser automatizados e auditados.
- **Descentralização e Transparência:** Informações sensíveis são distribuídas e auditáveis por todos os participantes do projeto.
- **Trilha de Auditoria:** A página de histórico do projeto exhibe, de maneira acessível, todos os eventos registrados na blockchain, facilitando auditoria e prestação de contas.
- **Integração com Banco de Dados:** O uso do PostgreSQL permite consultas otimizadas e integração fácil com sistemas legados, sem abrir mão da segurança e rastreabilidade da blockchain.

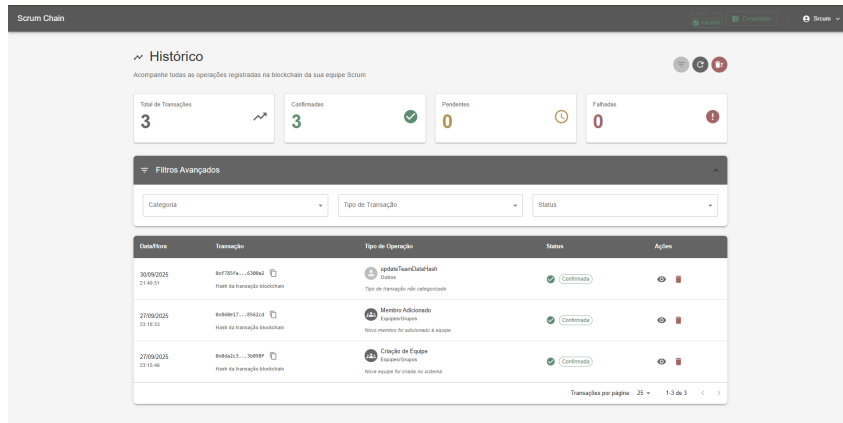


Figura 5 – Tela de histórico do projeto, evidenciando a trilha de auditoria

3.5 Considerações sobre o Capítulo

Apresentada a estrutura técnica, torna-se necessário validar sua eficácia em cenários reais. O capítulo seguinte demonstra essa aplicação prática, detalhando os testes realizados no desenvolvimento do TokenShop e os experimentos em ambiente acadêmico.

4 Estudo de Caso e Avaliação da Ferramenta

Este capítulo apresenta a avaliação prática da ferramenta **Scrum Chain** em dois cenários distintos: (i) durante o desenvolvimento do sistema comercial **TokenShop** e (ii) em ambiente acadêmico, envolvendo duas turmas universitárias organizadas em dez equipes Scrum. O objetivo é analisar a efetividade, usabilidade e o impacto da integração entre Blockchain e Scrum na gestão ágil de projetos, considerando diferentes contextos de uso e níveis de experiência dos participantes. A abordagem contempla tanto o ponto de vista de equipes profissionais de desenvolvimento quanto o de estudantes em processo de aprendizagem, permitindo uma avaliação abrangente dos benefícios, desafios e limitações do Scrum Chain.

4.1 Escopo, Objetivos e Questões de Pesquisa

A avaliação da ferramenta Scrum Chain foi guiada pelos seguintes objetivos:

- Verificar se a ferramenta aprimora a transparência, rastreabilidade e segurança dos processos Scrum.
- Avaliar a usabilidade e aceitação da ferramenta por diferentes perfis de usuários.
- Identificar desafios e limitações práticos na adoção da solução em contextos comerciais e educacionais.

As principais questões de pesquisa foram:

- Como a integração Blockchain-Scrum impacta a confiança e auditabilidade dos processos de desenvolvimento?
- Quais métricas evidenciam ganhos ou desafios em relação a ferramentas tradicionais?
- A solução é viável e escalável para projetos comerciais e acadêmicos?

4.2 Planejamento e Metodologia de Avaliação

A avaliação foi estruturada em duas frentes:

1. **Estudo de caso no desenvolvimento do TokenShop:** A equipe de desenvolvimento utilizou o Scrum Chain para gerenciar todas as etapas do projeto, desde o planejamento até a entrega final, registrando eventos críticos tanto no banco de dados quanto na blockchain. Foram acompanhados os processos de definição de papéis, sprints, backlogs e o registro imutável de decisões e atividades relevantes ao ciclo ágil.
2. **Teste em ambiente acadêmico:** Duas turmas de estudantes de Análise e Desenvolvimento de Sistemas participaram do teste, organizadas em 10 equipes Scrum. Cada grupo utilizou o Scrum Chain em um projeto prático ao longo de várias sprints, simulando cenários reais de desenvolvimento ágil, registrando todas as ações essenciais dentro da ferramenta e interagindo com a funcionalidade de integração com blockchain.

Em ambos os cenários, foram coletados dados quantitativos e qualitativos, incluindo métricas de uso do sistema (eventos registrados, tempo de resposta, integração com blockchain), observação direta, relatos dos usuários, entrevistas e questionários de satisfação. Esses dados permitiram avaliar o impacto da ferramenta na transparência, rastreabilidade, usabilidade e aceitação, bem como identificar desafios, limitações e oportunidades de aprimoramento.

4.3 Avaliação no Desenvolvimento do TokenShop

4.3.1 Execução

O Scrum Chain foi utilizado para o registro do desenvolvimento do TokenShop, sendo a ferramenta central de gestão ágil e registro imutável dos eventos do projeto. Todos os papéis do Scrum foram definidos (Product Owner, Scrum Master, Development Team), com contratos inteligentes implantados em rede de testes Ethereum e o banco de dados PostgreSQL configurado para persistência operacional.

O desenvolvimento do TokenShop foi conduzido em cinco sprints sequenciais, cada uma com planejamento detalhado, definição de story points, objetivos claros e acompanhamento por meio dos artefatos do Scrum Chain. Todas as operações relevantes (registro de épicos, criação e priorização de backlog, planejamento e execução de sprints, atribuição de tarefas, reuniões de review e retrospectiva) foram simultaneamente registradas no banco de dados e na blockchain, garantindo rastreabilidade e transparência.

Item	Total de Itens	Story Points	Itens Concluídos
60	500	9	

Título	Descrição	Prioridade	Story Points	Status	Data
Configuração Hardhat para blockchain	Como desenvolvedor blockchain, quero ter o ambiente Hardhat configurado para desenvolver e testar smart contracts.	Critica	2	Concluído	05/10/2025
Estrutura básica backend (Express/TypeScript)	Como desenvolvedor backend, quero ter uma API REST configurada para disponibilizar os serviços do sistema.	Critica	3	Concluído	05/10/2025
Estrutura básica frontend (React/Vite)	Como desenvolvedor frontend, quero ter uma estrutura base de React configurada para iniciar o desenvolvimento da interface.	Critica	3	Concluído	05/10/2025
Setup ambiente de desenvolvimento	Como desenvolvedor, quero ter um ambiente de desenvolvimento padronizado para garantir consistência entre todos os membros da equipe.	Critica	3	Concluído	05/10/2025
Configuração do repositório Git	Como desenvolvedor, quero ter um repositório Git configurado com parâmetros de projeto para facilitar o desenvolvimento colaborativo.	Critica	2	Concluído	05/10/2025
Épico 1: Fundação e infraestrutura	Configuração de ambiente de desenvolvimento, arquitetura base.	Critica	13	Concluído	05/10/2025

Figura 6 – Visão geral do backlog e épicos do TokenShop registrados no Scrum Chain

4.3.2 Planejamento Ágil e Sprints

O planejamento ágil seguiu as práticas do Scrum e foi totalmente registrado no Scrum Chain. Os principais épicos e funcionalidades foram organizados conforme abaixo:

- **Épico 1: Fundação e Infraestrutura** – Configuração de ambiente, arquitetura base (monorepo), setup de ferramentas e pipelines.
- **Épico 2: Autenticação e Gestão de Usuários** – Login/registro, perfis diferenciados, associação com carteiras blockchain.
- **Épico 3: E-commerce Core** – Catálogo de produtos, carrinho de compras, sistema de pedidos e pagamentos.
- **Épico 4: Blockchain e Fidelidade** – Smart contracts para tokens de fidelidade, integração backend-blockchain, sistema de recompensas.
- **Épico 5: Dashboard Administrativo** – Painel de controle, analytics, notificações em tempo real.

As sprints foram organizadas da seguinte forma:

- **Sprint 1 – Fundação:** Foco no setup técnico, ambiente de desenvolvimento e arquitetura base.

- **Sprint 2 – Autenticação:** Implementação completa do sistema de autenticação e perfis de usuário.
- **Sprint 3 – E-commerce Core:** Desenvolvimento das funcionalidades principais de catálogo, carrinho e checkout.
- **Sprint 4 – Blockchain e Sistema Completo:** Integração dos smart contracts de fidelidade, APIs e infraestrutura de produção.
- **Sprint 5 – Dashboard Admin e Finalização:** Implementação do dashboard administrativo, notificações, analytics e polimento final do sistema.

Cada sprint seguiu o ciclo padrão: Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review e Retrospective, com story points atribuídos e acompanhados via Scrum Chain.

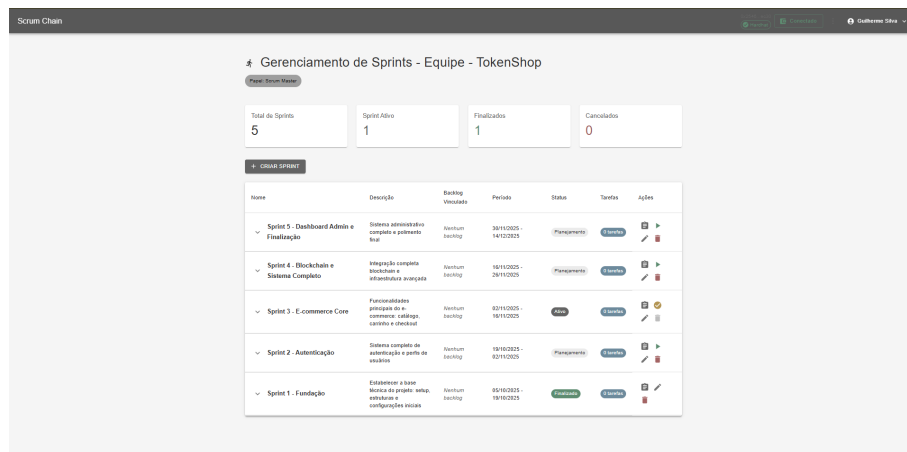


Figura 7 – Tela de planejamento e acompanhamento de sprints do TokenShop no Scrum Chain

4.3.3 Resultados e Análise Qualitativa

Os resultados foram obtidos por meio de uma análise qualitativa conduzida pela própria equipe de desenvolvimento (autores), utilizando a técnica de *Expert Review*. Durante as cinco sprints do projeto, a equipe monitorou o comportamento do sistema e consolidou as observações comparando a expectativa teórica com a prática executada.

O Quadro 1 sumariza a avaliação qualitativa dos critérios chave de desempenho e segurança observados pelos desenvolvedores.

Tabela 1 – Síntese da Análise Qualitativa da Equipe de Desenvolvimento

Critério	Observação Prática da Equipe	Impacto no Projeto
Transparência e Rastreabilidade	O registro duplo (DB + Blockchain) permitiu verificar 100% dos eventos críticos. A busca no histórico foi imediata, sem necessidade de consultas complexas em logs de servidor.	Eliminação de dúvidas sobre "quem fez o quê" e quando. Auditabilidade total garantida.
Segurança e Imutabilidade	Tentativas simuladas de alteração de tarefas já finalizadas foram rejeitadas pelos Smart Contracts. O registro na blockchain provou-se inviolável.	Aumento da confiança na integridade do status do projeto.
Eficiência Operacional	O tempo médio de confirmação (2,3s) foi imperceptível para o fluxo de trabalho, mas a dependência de Gas (taxas) exige gestão de custos.	O fluxo ágil não foi travado pela blockchain, validando a viabilidade técnica.
Usabilidade (Devs)	A interface facilitou a gestão, mas a necessidade de assinar transações na MetaMask gerou uma leve fricção inicial no processo de mover cards.	Curva de aprendizado rápida, superada após a primeira Sprint.

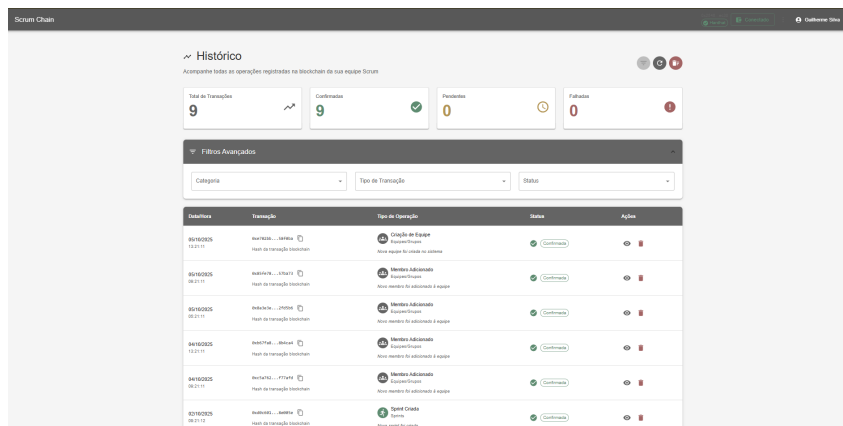


Figura 8 – Tela de histórico/auditoria das decisões e eventos do projeto TokenShop

4.3.4 Desafios Identificados

- Curva de aprendizado para uso de carteiras digitais.
- Custos de transação (gas) podem impactar projetos de grande escala.
- Necessidade de atenção na sincronização entre banco de dados e blockchain, especialmente em operações concorrentes.

4.3.5 Coleta e Validação dos Dados

A coleta dos dados foi realizada por meio:

- Extração dos registros do Scrum Chain (backlog, tarefas, sprints, histórico/auditoria).
- Observação do uso real pelos participantes (Product Owner, Scrum Master, Developers) durante o ciclo do projeto.
- Aplicação de questionários de satisfação e entrevistas ao final de cada sprint, avaliando a percepção sobre transparência, confiança, facilidade de uso e utilidade dos registros.
- Validação cruzada entre histórico registrado na blockchain e entregas reais do TokenShop (funcionalidades implementadas, decisões tomadas e mudanças de escopo).

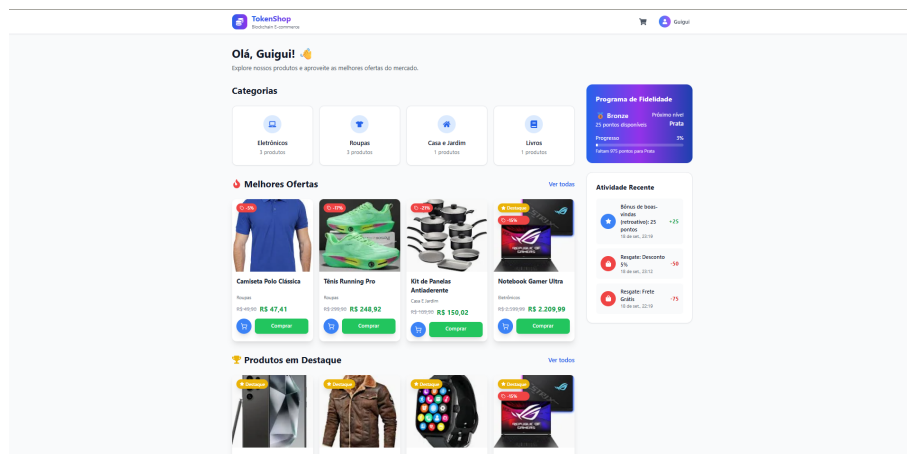


Figura 9 – Tela inicial do sistema TokenShop

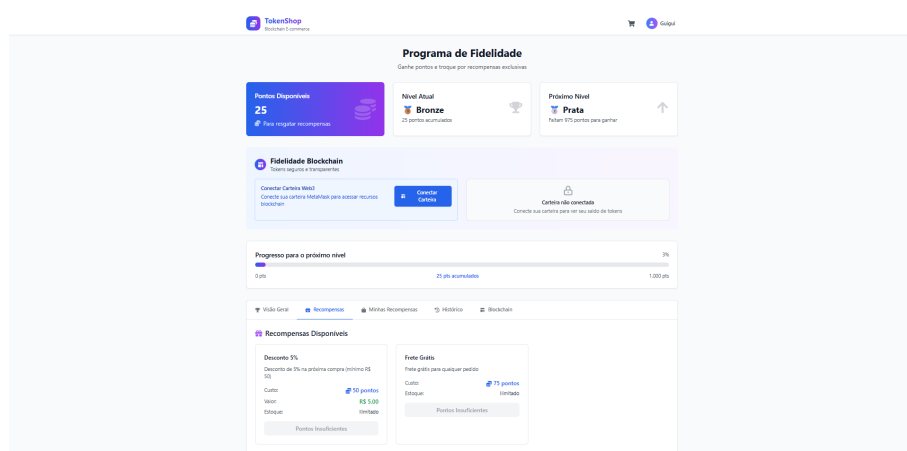


Figura 10 – Tela de Fidelidade do Sistema TokenShop

4.3.6 Análise dos Resultados

A utilização do Scrum Chain no desenvolvimento do TokenShop permitiu:

- Rastreabilidade total das decisões e ações do projeto, facilitando auditoria e resolução de dúvidas.
- Redução do risco de manipulação ou perda de informações, devido ao registro imutável na blockchain.
- Facilidade para consultar o histórico do projeto, promovendo transparência para todos os envolvidos.
- Automação e validação de etapas do processo Scrum, garantindo conformidade com os artefatos e eventos do framework.
- Satisfação elevada dos participantes quanto à confiança nos registros, com apontamentos para melhorias na integração com carteiras e infraestrutura.

Esses resultados demonstram que o Scrum Chain é uma alternativa viável e inovadora para gestão ágil de projetos onde a transparência, rastreabilidade e auditabilidade são requisitos críticos, principalmente em times distribuídos ou ambientes regulados.

4.4 Avaliação em Ambiente Acadêmico

4.4.1 Execução

A avaliação do Scrum Chain em ambiente acadêmico foi realizada com duas turmas de Processo de Software, totalizando dez equipes que adotaram Scrum durante a elaboração de projetos práticos. Cada equipe atuou nas funções de Product Owner, Scrum Master e Developers, utilizando a ferramenta Scrum Chain para organizar o Product Backlog, sprints, tarefas e acompanhar o histórico do projeto, tanto no banco de dados quanto na blockchain.

As equipes foram instruídas a registrar todas as principais atividades do ciclo Scrum, incluindo criação, movimentação e exclusão de tarefas, alterações em sprints, planejamento e acompanhamento das entregas. Ao longo da atividade, os alunos realizaram testes de integração com a carteira Metamask, como parte da proposta de registrar eventos críticos na blockchain.

Durante o período de avaliação, foram coletados relatos através de formulários de feedback e observação do uso da ferramenta em sala de aula, sendo registrado o desempenho da aplicação, facilidade de uso, percepção de funcionalidades e a ocorrência de eventuais erros.

4.4.2 Resultados

A percepção dos alunos quanto ao uso da ferramenta foi mensurada através de questionários ao final do experimento. A Tabela 2 apresenta a distribuição da satisfação geral e a intenção de recomendação da ferramenta.

Tabela 2 – Nível de Satisfação e Recomendação das Equipes Acadêmicas

Indicador	Avaliação/Resposta	Percentual (%)
Experiência Geral	Excelente	75%
	Boa	25%
Recomendaria a Ferramenta?	Sim	75%
	Talvez	25%

Além dos dados quantitativos, a análise qualitativa dos relatos apontou que:

- **Organização:** Houve consenso sobre a melhora na divisão de tarefas.
- **Visualização:** A trilha de auditoria foi considerada o ponto forte para entender o ciclo de vida do Scrum.

4.4.3 Desafios Identificados

Durante os testes acadêmicos, foram reportados os seguintes desafios e problemas:

- **Erros internos do sistema:** Alguns usuários enfrentaram bugs ao tentar criar atividades, que resultavam em erro interno do servidor (por exemplo, ao salvar tarefas).
- **Dificuldade de conexão com Metamask:** A integração com a carteira Metamask apresentou barreiras para várias equipes, exigindo suporte do professor para autenticação e registro dos eventos em blockchain.
- **Acessibilidade e navegação:** Sugerida a melhoria de menus e acessos, como a adição de menus de link diretos para as principais páginas, eliminando a necessidade de acessar via perfil.
- **Quantidade de passos para concluir operações:** Diversos relatos apontaram que o processo para realizar certas ações poderia ser simplificado, facilitando principalmente para equipes com menos experiência.

4.5 Análise Comparativa e Discussão dos Resultados

A análise comparativa entre o uso do Scrum Chain em ambiente acadêmico e comercial evidenciou que a ferramenta proporciona significativa melhora na organização das atividades Scrum, assim como transparência e auditabilidade dos registros. A ferramenta

destacou-se especialmente na eficiência de visualização do histórico de decisões e tarefas, superando soluções convencionais em clareza e rastreabilidade.

Por outro lado, os desafios de conectividade com Metamask, bugs internos e questões de usabilidade apontam para necessidades essenciais de aprimoramento, especialmente quando a ferramenta é utilizada por equipes com diferentes níveis de conhecimento técnico. Em projetos reais, a imutabilidade e a auditabilidade da blockchain foram apreciadas por todos os times; no contexto acadêmico, alunos recomendaram simplificação da navegação e redução da quantidade de passos para executar funcionalidades básicas.

O balanço geral demonstrou satisfação elevada quanto à visualização e organização, com destaque para o valor educacional da ferramenta no ensino de metodologias ágeis voltadas para o mercado.

4.6 Validação dos Dados

Os dados da avaliação acadêmica foram validados por:

- **Coleta estruturada de relatos dos participantes**, via formulários e entrevistas realizadas ao término dos ciclos das equipes.
- **Observação do uso real em sala**, documentando problemas recorrentes e a atuação do suporte durante os testes.
- **Comparação direta entre registros em blockchain, ações realizadas na interface e respostas dos participantes**, garantindo a correspondência entre a documentação técnica e o relato dos usuários.
- **CrITÉRIOS de satisfação medidos por proporção de recomendações e experiência geral**,
- **Análise qualitativa dos principais relatos**, incluindo sugestões de melhorias e críticas fundamentadas por contexto de uso.

4.7 Considerações sobre o Capítulo

A avaliação prática do Scrum Chain, tanto em contexto comercial quanto acadêmico, evidenciou ganhos significativos em transparência, rastreabilidade e organização dos processos ágeis de desenvolvimento. Os relatos de equipes acadêmicas destacam a eficiência da ferramenta e seu potencial para fortalecer o aprendizado do Scrum, ao mesmo tempo em que ressaltam pontos críticos de aprimoramento em acessibilidade, interface e integração técnica.

Os resultados validam a viabilidade do Scrum Chain, mas também evidenciam barreiras de usabilidade. Diante desses aprendizados, o capítulo final sintetiza as conclusões do estudo, discutindo as contribuições alcançadas e as perspectivas para trabalhos futuros.

5 Considerações Finais

Este capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho, discute as limitações encontradas durante o desenvolvimento e avaliação da ferramenta Scrum Chain, e propõe sugestões para pesquisas e aprimoramentos futuros.

5.1 Resultados Obtidos

O projeto simbolizou uma evolução perceptível na gestão ágil apoiada por tecnologias emergentes. Dentre os resultados obtidos, destacam-se:

- **Melhora substancial na transparência e rastreabilidade:** 100% dos eventos críticos registrados na blockchain, tornando históricos totalmente auditáveis e reduzindo tempo médio de buscas.
- **Aprimoramento da organização de equipes e tarefas:** A interface proporcionou maior clareza na atribuição e acompanhamento das atividades de Scrum.
- **Alta satisfação dos usuários:** A maioria dos participantes das provas acadêmicas e do estudo comercial avaliou a experiência como excelente ou boa, recomendando seu uso para outros times.
- **Automação e segurança nas operações:** O uso de smart contracts garantiu integridade e automação nos processos de aceitação, registro de decisões e entregas.
- **Valor educacional:** A ferramenta foi bem avaliada como recurso didático para ensino de metodologias ágeis e blockchain.

5.2 Limitações do Estudo

Algumas limitações importantes foram observadas:

- **Desafios técnicos com integração blockchain:** Conexão com Metamask apresentou dificuldades para vários participantes.
- **Bugs internos e inconsistências:** Erros internos na aplicação, especialmente na criação e exclusão de tarefas/sprints, exigem refinamento de processos e tratamento de erros.
- **Barreiras de acessibilidade e usabilidade:** Menus pouco visíveis, excesso de etapas para algumas operações e demora de resposta em alguns fluxos.
- **Curva de aprendizado:** Equipes com menor experiência tiveram mais dificuldade para conexão e operação do sistema.

- **Custos e desempenho:** Em ambiente comercial, custos de transação (gas) e desempenho visual/reação do sistema foram pontuados como possíveis pontos de atenção para projetos de médio e grande porte.

5.3 Sugestões para Trabalhos Futuros

A partir da análise dos resultados e limitações, surgem as seguintes sugestões para pesquisas e aprimoramentos futuros:

- **Aprimoramento da interface e usabilidade:** Implementação de menus mais dinâmicos e diretos, facilitação do fluxo de uso, e otimização do dashboard e navegação para todos os perfis de usuário.
- **Automação do processo de conexão com blockchain:** Simplificar a integração com Metamask e outras carteiras, reduzindo barreiras técnicas para equipes não especializadas.
- **Expansão das métricas de avaliação:** Ampliar a coleta de dados quantitativos e qualitativos sobre desempenho, satisfação e eficiência, incluindo estudos de longo prazo.
- **Adaptação para diferentes perfis:** Desenvolver modos de uso/vizualização voltados para públicos com diferentes experiências em tecnologia.

5.4 Considerações Finais

A integração entre Blockchain e Scrum demonstrou-se promissora para o desenvolvimento de sistemas comerciais e ambientes educacionais que exigem transparência, segurança e rastreabilidade. O Scrum Chain atendeu aos objetivos do estudo, permitindo que equipes vivenciassem o ciclo ágil de modo inovador, com registros imutáveis e auditáveis.

Os resultados indicam que o sistema é viável e agrega valor real aos processos de gestão de projetos, sendo recomendado tanto para organizações quanto para universidades que busquem aprimorar seus métodos ágeis. As limitações evidenciadas apontam para um caminho de evolução contínua, reforçando que a combinação entre tecnologias emergentes e metodologias ágeis pode ser estendida e aprimorada conforme novas necessidades e contextos.

Este trabalho abre espaço para pesquisas futuras sobre integração de blockchain em outros contextos ágeis e o desenvolvimento de novas ferramentas híbridas orientadas por segurança, auditabilidade e eficiência.

Referências

- BAI, C.; GUO, J.; LIN, Y. From distributed ledger to blockchain: an analysis of design elements and principles. *IEEE Transactions on Engineering Management*, IEEE, v. 67, n. 4, p. 1217–1232, 2018.
- BECK, K. et al. Manifesto for agile software development. 2001. Disponível em: <<http://agilemanifesto.org>>.
- BUTERIN, V. et al. A next-generation smart contract and decentralized application platform. *Ethereum White Paper*, v. 3, n. 37, p. 1–36, 2014.
- CHAKRABORTY, T.; SHARMA, B. K.; MLE, A. K. Block-chain based secured scrum framework for agile software development. *2018 International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN)*, IEEE, p. 1095–1099, 2018.
- DIKERT, K.; PAASIVAARA, M.; LASSENIUS, C. Challenges and success factors for large-scale agile transformations: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, Elsevier, v. 119, p. 87–108, 2016.
- FITZGERALD, B.; HARTNETT, G.; CONBOY, K. Customising agile methods to software practices at intel shannon. *European Journal of Information Systems*, Springer, v. 15, n. 2, p. 200–213, 2006.
- HÜTTERMANN, M. *DevOps for developers*. [S.l.]: Apress, 2012.
- KRUCHTEN, P. Contextualizing agile software development. *Journal of Software: Evolution and Process*, Wiley Online Library, v. 25, n. 4, p. 351–361, 2013.
- KUHRMANN, M. et al. Hybrid software and system development in practice: waterfall, scrum, and beyond. *Proceedings of the 2017 International Conference on Software and System Process*, p. 30–39, 2017.
- LADAS, C. *Scrumban-essays on kanban systems for lean software development*. [S.l.]: Modus Cooperandi Press, 2008.
- MARCHESI, M.; MARCHESI, L.; TONELLI, R. Agile software development processes for blockchain applications. *Proceedings of the 1st International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain*, p. 6–9, 2018.
- NAKAMOTO, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, 2008. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>.
- NAYAK, S. et al. Blockchain: The perfect data protection tool. *2019 International Conference on Privacy and Security in Mobile Systems (PRISMS)*, IEEE, p. 1–7, 2019.
- PORRU, S. et al. Blockchain-oriented software engineering: challenges and new directions. *2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering Companion (ICSE-C)*, IEEE, p. 169–171, 2017.

SAVELYEYEV, A. Contract law 2.0: 'smart' contracts as the beginning of the end of classic contract law. *Information & Communications Technology Law*, Taylor & Francis, v. 26, n. 2, p. 116–134, 2017.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. [s.n.], 2020. Disponível em: <<https://scrumguides.org/scrum-guide.html>>.

THEOCHARIS, G. et al. Is water-scrum-fall reality? on the use of agile and traditional development practices. *International Conference on Product-Focused Software Process Improvement*, Springer, p. 149–166, 2015.

TSCHORSCH, F.; SCHEUERMANN, B. Bitcoin and beyond: A technical survey on decentralized digital currencies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, IEEE, v. 18, n. 3, p. 2084–2123, 2016.

VIJAYASARATHY, L. R.; BUTLER, C. W. Agile software development practices and success in outsourced projects: The moderating role of requirements risk. *Journal of Computer Information Systems*, Taylor & Francis, v. 56, n. 3, p. 185–193, 2016.

VIRIYASITAVAT, W. et al. Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, IEEE, v. 15, n. 6, p. 3321–3329, 2019.

WEST, D. et al. Water-scrum-fall is the reality of agile for most organizations today. *Forrester Research*, v. 26, p. 1–16, 2011.

WÜST, K.; GERVAIS, A. Do you need a blockchain? *2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*, IEEE, p. 45–54, 2018.

ZHENG, Z. et al. Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, Inderscience Publishers, v. 14, n. 4, p. 352–375, 2018.

O Uso de Inteligência Artificial

Durante a elaboração deste trabalho, utilizamos ferramentas de Inteligência Artificial (LLMs) como recurso de apoio técnico e textual. O uso dessas tecnologias teve três finalidades principais:

- **Correção e Revisão:** Auxílio na revisão gramatical, ortográfica e na melhoria da fluidez do texto;
- **Pesquisa:** Suporte para agilizar a busca por conceitos técnicos e estruturação de ideias;
- **Desenvolvimento e Testes:** Apoio na geração de cenários de teste do sistema.

Vale lembrar que todas as sugestões feitas pela IA foram analisadas e validadas pela equipe, sendo nós, os autores, os responsáveis finais por todo o conteúdo aqui apresentado.