

Aprendizado Prático de Blockchain Permissionada: Desenvolvimento de Implementações com Hyperledger Besu e Hyperledger Fabric via Scripts e Markdown

André Defrémont⁴, Caian Santana², Caio Silva¹, Carlos Costa⁵
Ericksulino Moura³, George Neres², Victor Cerqueira²
Billy Anderson Pinheiro⁴, Allan Edgard Silva Freitas²

¹Universidade Federal do Pará (UFPA)

²Instituto Federal da Bahia (IFBA)

³Universidade Federal do Piauí (UFPI)

⁴Amachains

⁵Faculdade Faci Wyden

{allan, victor.cerqueira, 20221160034, 20192160015}@ifba.edu.br

{billy, andre}@amachains.com

202304623015@alunos.unifavip.edu.br

caio.santos.silva@icen.ufpa.br, ericksulino@ufpi.edu.br

Abstract. Learning permissioned blockchain platforms, such as Hyperledger Besu and Hyperledger Fabric, can be challenging due to the complexity of traditional text-based technical documentation. This work proposes an alternative approach, using automated scripts and structured Markdown documentation to consolidate the practical understanding of these technologies. The methodology focuses on the progressive execution of scripts that guide the user in the configuration, implementation, and interaction with blockchain networks, reducing the learning curve and promoting a intuitive and hands-on experience. The research evaluates the effectiveness of this approach in teaching and adopting permissioned blockchain in academic contexts and reports on the experience in the ILIADA project at RNP.

Resumo. O ensino de blockchains permissionadas como de plataformas Hyperledger Besu e Hyperledger Fabric, é dificultado pela complexidade da documentação técnica tradicional. Este trabalho propõe uma abordagem alternativa que utiliza scripts automatizados e documentação em Markdown para guiar progressivamente a configuração, implementação e interação com redes blockchain, reduzindo a curva de aprendizado e promovendo uma experiência prática e intuitiva. A eficácia dessa metodologia foi avaliada por meio de um relato de experiência no projeto ILIADA da RNP, em contextos acadêmicos.

1. Introdução

A tecnologia blockchain é uma solução disruptiva para o gerenciamento seguro e descentralizado de dados, permitindo o registro confiável de transações entre partes sem

confiança mútua [Xu et al. 2019]. Baseada em criptografia, protocolos de consenso distribuído e estruturas encadeadas, ela garante imutabilidade, auditabilidade e consistência, sendo aplicada em diversos setores, desde cadeias de suprimentos até serviços financeiros e governamentais. Em redes permissionadas, plataformas como Hyperledger Besu e Hyperledger Fabric [Dalla Palma et al. 2021] oferecem ambientes com controle de acesso, embora sua complexidade represente desafios para iniciantes e profissionais.

Tradicionalmente, o aprendizado sobre blockchain permissionada baseia-se em extensa documentação técnica, predominantemente textual, que pode se tornar cansativa e pouco eficaz para fixação de conceitos. A falta de exemplos interativos e a necessidade de navegar por múltiplos repositórios dificultam a experimentação direta dessas tecnologias. Em diferentes contextos, vê-se que a prática ou o aprendizado *hands-on* pode potencializar o entendimento [Harvey et al. 1998].

Este trabalho propõe o uso de scripts e documentação em Markdown (MD) para facilitar o aprendizado e a implantação de plataformas blockchain. Os scripts abstraem a complexidade dos comandos, reduzindo erros manuais e acelerando a configuração de ambientes de teste, enquanto a documentação em MD organiza as informações, proporcionando acesso simplificado a tutoriais práticos e promovendo um aprendizado incremental e interativo. Esta abordagem combina estrutura colaborativa em espiral, possibilitando a adoção de boas práticas na automação de processos, com a documentação de código, criando fluxos reproduzíveis. Essa estratégia incentiva a colaboração entre desenvolvedores e pesquisadores, sendo aplicada com sucesso no contexto da Meta 3 da iniciativa ILIADA, onde evidenciou benefícios como a redução da curva de aprendizado, aumento do engajamento e melhor compreensão das arquiteturas do Hyperledger Besu e Fabric.

As próximas seções estão organizadas da seguinte forma: A Seção 2 apresenta uma revisão dos trabalhos relacionados a avaliação de desempenho de blockchain. A Seção 3 descreve nossa abordagem. A Seção 4 apresenta um relato de experiência da aplicação desta abordagem. Por fim, a Seção 5 apresenta nossas conclusões.

2. Trabalhos Relacionados

A utilização de abordagens práticas e metodologias ativas tem sido uma estratégia eficaz para ensinar blockchain, facilitando a compreensão e adoção dessa tecnologia. Os trabalhos descritos a seguir exploram desde a criação de cenários aplicados para alunos não técnicos até o uso de scripts automatizados para a implantação de redes blockchain, com foco no Hyperledger Fabric e Hyperledger Besu.

No estudo de [Negash and Thomas 2019], os autores propõem sete cenários para ensinar blockchain a alunos não técnicos, focando em objetivos de aprendizagem e soluções administrativas. Comparado ao nosso trabalho, ambos buscam facilitar o ensino de blockchain, mas enquanto o artigo se concentra em cenários aplicados, nossa abordagem oferece uma experiência prática com scripts automatizados e documentação em Markdown, abrangendo tanto o Hyperledger Fabric quanto o Hyperledger Besu.

O estudo de [Melo et al. 2021] propõe o uso de scripts para automatizar a criação e configuração de uma rede blockchain privada, como recurso didático em cursos de computação. Comparado ao nosso trabalho, ambos buscam facilitar o aprendizado prático de blockchain, no entanto [Melo et al. 2021] foca na rede Ethereum e metodologias ativas, já nossa abordagem abrange tanto o Hyperledger Fabric quanto o Hyperledger Besu,

utilizando scripts automatizados e documentação em Markdown para uma experiência mais interativa e prática.

No estudo de [Grayson et al. 2022], os autores utilizam o ambiente R Markdown para o ensino de disciplinas como matemática e biologia, combinando exemplos práticos com scripts e documentação. Comparado ao nosso trabalho, ambos utilizam scripts e documentação interativa, mas enquanto o R Markdown foca em outras áreas, nossa abordagem abrange o Hyperledger Fabric e o Hyperledger Besu, proporcionando uma experiência prática no aprendizado de blockchain.

Em [Mathwale 2023] os autores focam na automação da implantação do Hyperledger Fabric usando scripts e software de código aberto, simplificando a configuração da rede. Esse estudo se relaciona com o nosso, pois ambos buscam reduzir a complexidade da implantação do Hyperledger Fabric, mas enquanto os autores utilizam Kubernetes para automatizar a configuração, nosso trabalho emprega scripts automatizados e documentação em Markdown para uma experiência interativa e prática, facilitando o aprendizado e a adoção da tecnologia.

O artigo [Cantone et al. 2023] os autores propõem a ferramenta gráfica Hyperledger Fabric GUI, que automatiza a configuração e implantação do Hyperledger Fabric, simplificando o processo e minimizando erros. Comparado ao nosso trabalho, ambos têm o objetivo de facilitar a adoção do Hyperledger, mas enquanto o Hyperledger Fabric GUI se concentra apenas no Hyperledger Fabric, nossa abordagem abrange tanto o Hyperledger Fabric quanto o Hyperledger Besu.

Os trabalhos anteriores focam no ensino de blockchain com o Hyperledger Fabric, utilizando scripts e cenários educativos, mas nenhum explora o Hyperledger Besu ou usa Markdown para o aprendizado de blockchain, com um dos trabalhos utilizando Markdown para outros fins. Nossa abordagem se destaca por integrar o Hyperledger Fabric e o Hyperledger Besu, utilizando scripts automatizados e documentação em Markdown para oferecer uma experiência prática e interativa.

3. Proposta

Esta metodologia combina três frameworks para permitir o desenvolvimento incremental com reuso de scripts. Utiliza-se o CSCL [Dirckinck-Holmfeld 2002] como estrutura de aprendizagem colaborativa; o Spiral Model of Collaborative Knowledge Improvement – SMCKI [Chen et al. 2019] propõe uma espiral para melhoria contínua do conhecimento; e, Método Ágil [Cohen et al. 2004] possibilita iterações rápidas com reaproveitamento. A figura 1 apresenta a metodologia em 3 fases (Exploração, Automação e Refatoração), e os entregáveis esperados em cada fase.

Nossa proposição de construção de blockchain se baseia em iterações de progressiva complexidade por meio da espiral. O primeiro cenário explora o desenvolvimento de uma ledger utilizando um único nó com o kubernetes e virtualização (lab-single-node), em seguida o uso de um ambiente de laboratório com múltiplos nós (lab-multi-node), que evolui a um cenário de operação real (iliada-real).

3.1. Fases da Metodologia

1. Exploração

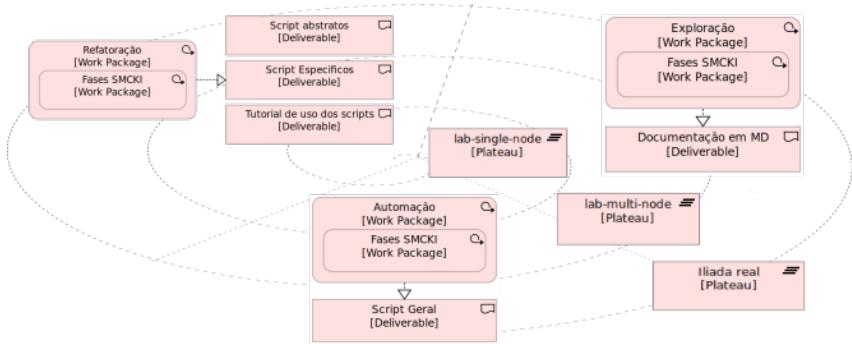


Figura 1. Aplicação da Metodologia

- Objetivo: Mapear o tema de forma aberta e colaborativa, permitindo diversidade de perspectivas.
- Saida: Documentação em Markdown sobre a tarefa

2. Automação

- Objetivo: Aprofundar os temas da etapa1 e criar scripts para automatizar as ações descobertas.
- Saida: Script geral automatizando o conhecimento e facilitando a repetição.

3. Refatoração

- Objetivo: Entender o pontos que se repetem no script e gerar versões abstratas (ações que se repetem) e específicas (ações restritas a um determinado cenário).
- Saida: Scripts abstratos e específicos, bem como um tutorial de utilização deles em markdown.

Nas 3 fases apresentadas da metodologia os seguintes princípios de CSCL são aplicados:

- **Colaboração Estruturada:** Scripts definem papéis, tempos e interações;
- **Artefatos Digitais Compartilhados:** Todos contribuem para documentos, códigos e logs em plataformas colaborativas.
- **Feedback Contínuo:** Críticas intergrupos e autoavaliação embutidas no fluxo.

4. Relato de Experiência

No contexto da Meta 3 da iniciativa ILIADA, a aplicação da metodologia proposta demonstrou ser eficaz para o ensino e implementação de blockchains permissionadas. Durante esse período, a abordagem facilitou a replicação de ambientes blockchain, permitindo aos participantes reduzir a curva de aprendizado e aprimorar a compreensão das arquiteturas do Hyperledger Besu e Fabric. Essa experiência prática promoveu a assimilação dos conceitos teóricos por meio de experimentação direta e incentivou a colaboração e a troca de conhecimento entre desenvolvedores e pesquisadores.

Os resultados da iniciativa foram evidenciados na evolução dos produtos incrementais apresentados, que ilustram a progressão prática do aprendizado. Inicialmente, a configuração de um ambiente de laboratório em um único nó (2) permitiu aos usuários

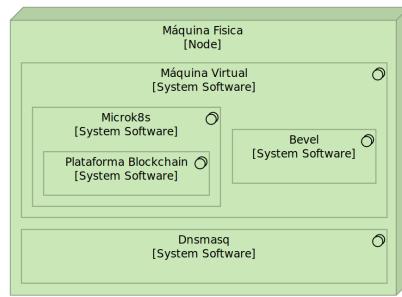


Figura 2. Cenário Lab-Single-Node

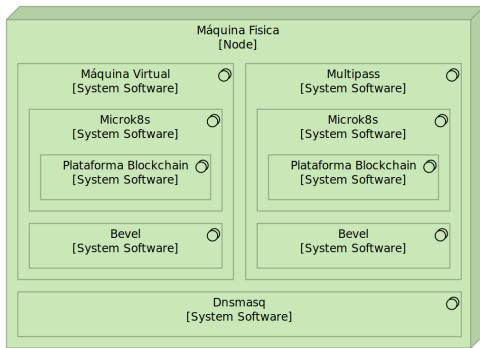


Figura 3. Cenário Lab-Multi-Node

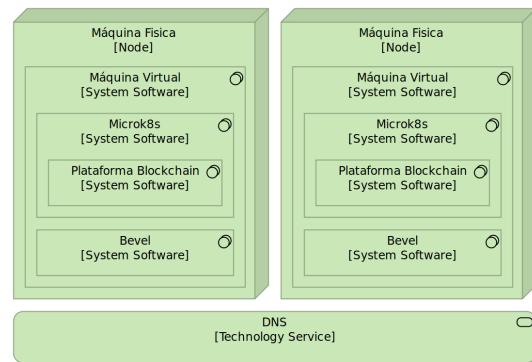


Figura 4. Cenário Real

familiarizarem-se com os fundamentos das plataformas blockchain. Em seguida, a expansão para um ambiente multi-nó (3) possibilitou a experimentação com redes mais complexas, reforçando as boas práticas na automação de processos. Por fim, a consolidação dos conhecimentos será demonstrada na implementação real da plataforma Íliada (4), destacando os benefícios da metodologia para reduzir erros manuais, aumentar o engajamento dos participantes e facilitando o acesso a tutoriais práticos. A Tabela 1 resume os ganhos percebidos por fase.

Tabela 1. Ganhos Percebidos por Fase do Método

Fase	Descrição	Ganhos Percebidos
Exploração	Levantamento colaborativo das tarefas, com registro em Markdown	<ul style="list-style-type: none"> - Melhor organização do conhecimento inicial; - Facilidade de acesso aos conceitos básicos;
Automação	Implementação dos scripts a partir das tarefas exploradas	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de erros manuais; - Aceleração da configuração de ambientes; - Facilidade de replicação;
Refatoração	Abstração de padrões e especialização dos scripts para diferentes contextos	<ul style="list-style-type: none"> - Reutilização eficiente de código; - Adaptação da metodologia a novos cenários; - Produção de tutoriais reutilizáveis;

5. Considerações Finais

A abordagem baseada em scripts automatizados e documentação em Markdown demonstrou ser uma estratégia eficaz para reduzir a curva de aprendizado e fomentar a

colaboração no ensino de blockchain, conforme evidenciado pela experiência na iniciativa ILIADA. Essa metodologia possibilitou a replicação de ambientes de forma prática e intuitiva, reforçando o entendimento das arquiteturas do Hyperledger Besu e Fabric.

Desta forma propomos uma estrutura pedagógica integrada, que articula o uso de scripts automatizados, documentação em Markdown e um modelo colaborativo de aprendizado. Diferentemente de abordagens que se limitam à disponibilização de scripts isolados, esta metodologia promove uma sistematização do processo educativo, permitindo que os aprendizes avancem de forma incremental e orientada por ciclos de experimentação prática. O grande diferencial está na reproduzibilidade dos ambientes e fluxos de aprendizagem, que são desenhados para facilitar não apenas a execução técnica, mas também a compreensão conceitual das tecnologias de blockchain permissionada.

Referências

- Cantone, D., Santamaría, D. F., and Spinello, V. (2023). A tool to easing the configuration and deploying process of hyperledger fabric. In *BIR Workshops*.
- Chen, W., Zhang, S., Wen, Y., Looi, C.-K., and Yeo, J. A. C. (2019). A spiral model of collaborative knowledge improvement to support collaborative argumentation for science learning: Technological and pedagogical design.
- Cohen, D., Lindvall, M., and Costa, P. (2004). An introduction to agile methods. *Advances in computers*, 62(03):1–66.
- Dalla Palma, S., Pareschi, R., and Zappone, F. (2021). What is your distributed (hyper) ledger? In *2021 IEEE/ACM 4th International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain (WETSEB)*, pages 27–33. IEEE.
- Dirckinck-Holmfeld, L. (2002). Cscl-computer supported collaborative learning. *Uddannelse, læring og IT: 26 forskere og praktikere gør status på området*, pages 53–64.
- Grayson, K. L., Hilliker, A. K., and Wares, J. R. (2022). R markdown as a dynamic interface for teaching: Modules from math and biology classrooms. *Mathematical Biosciences*, 349:108844.
- Harvey, B. Z., Sirna, R. T., and Houlihan, M. B. (1998). Learning by design: Hands-on learning. *American School Board Journal*, 186(2):22–25.
- Mathwale, R. (2023). Ahfd: A framework for deployment and management of hyperledger fabric enterprise blockchain. In *2023 International Conference on Data Science and Network Security (ICDSNS)*, pages 1–4.
- Melo, F., Cavalcante, C. A., and Letouze, P. (2021). Scripts de instalação de uma rede blockchain como recurso didático para metodologias ativas no ensino de computação. In *Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP)*, pages 305–315. SBC.
- Negash, S. and Thomas, D. (2019). Teaching blockchain for business. In *2019 IEEE Canadian Conference of Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, pages 1–4. IEEE.
- Xu, X., Weber, I., and Staples, M. (2019). *Architecture for blockchain applications*. Springer.