

BIMLedger

Protótipo de contrato inteligente com blockchain e BIM na execução de obras: uma aplicação na concretagem de paredes moldadas in loco

Savio Melo

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFBA



UFBA
Universidade
Federal da Bahia



Roteiro da apresentação

01 Problema e lacuna

Por que automatizar pagamentos?

02 Proposta BIM Ledger

Arquitetura em duas camadas

03 Método e protótipo

DSR + estudo de caso

04 Resultados

Desempenho técnico + usuários

05 Governança

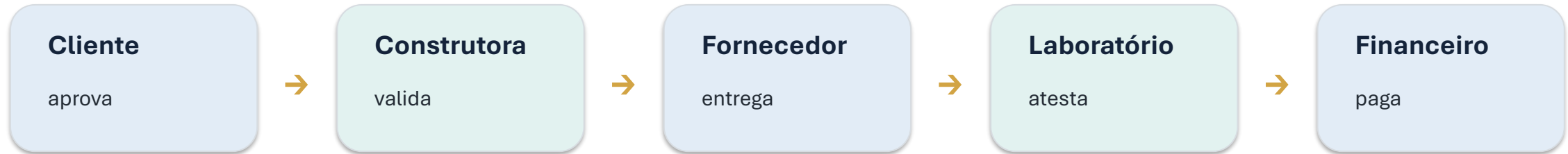
ERP, organização e marco jurídico

06 Implicações

Economia, pesquisa e próximos passos

1. O problema: pagamento como gargalo de confiança

A construção combina alta fragmentação, múltiplos atores e validações sequenciais.



Atrasos de pagamento: 30–60 dias em mercados desenvolvidos e >90 dias em economias emergentes.

15–25% dos recursos administrativos podem ser consumidos por atrasos e verificação manual.

Problemas recorrentes: documentação fragmentada, baixa rastreabilidade e disputas.

Fonte: Elghaish et al. (2020); FIDIC (2020); Zhang et al. (2021).

2. O que a literatura já demonstrava?

BIM

Estrutura geometria, especificações e dados de execução; LOIN permite transformar necessidade de informação em critérios quantitativos.

Blockchain

Distribui confiança, registra transações e permite trilhas de auditoria; smart contracts executam regras programáveis.

Integração BIM-BC

Estudos recentes confirmam viabilidade, mas destacam escalabilidade, interoperabilidade, aspectos legais e prontidão organizacional.

Lacuna central

Pouca evidência empírica em ambientes operacionais.

Barreiras de adoção ainda insuficientemente tratadas.

Sistemas de concreto moldado in loco em mercados emergentes pouco explorados.

Referências-chave: ISO 19650-1:2018; ISO 7817-1:2024; Perboli et al. (2020); Peters & Panayi (2016); Elsharkawi et al. (2025); Scott & Broyd (2025).

3. Objetivo do estudo

Investigar a viabilidade técnica e as percepções iniciais de usuários ao combinar BIM e blockchain para apoiar pagamentos semiautomatizados de progresso.

Viabilidade técnica

O protótipo executa a lógica de validação e autorização de pagamento?

Valor percebido

Como usuários envolvidos no processo avaliam utilidade e usabilidade?

Adoção

Quais barreiras técnicas, organizacionais e regulatórias permanecem?

Pergunta transversal: como transformar evidência física de progresso em uma ação financeira verificável?

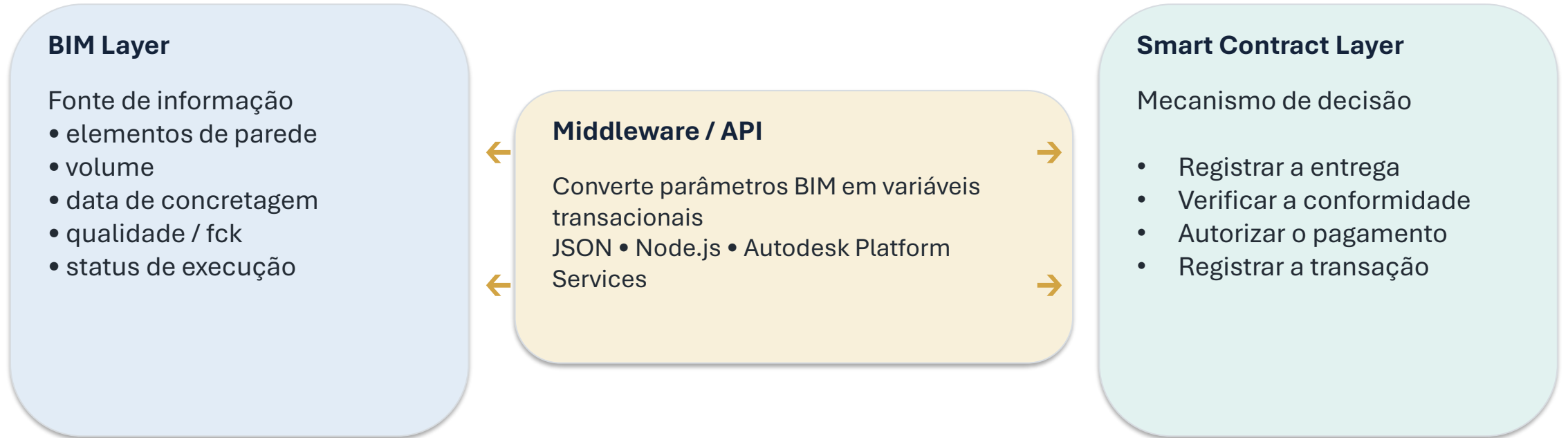
4. Método: Design Science Research + estudo de caso



Importante: os dados de projeto são reais, mas a avaliação ocorreu fora do sistema operacional de pagamentos.

Hevner et al. (2004); Peffers et al. (2007); Dresch et al. (2015); Yin (2015).

5. BIM Ledger: arquitetura em duas camadas



Princípio central: BIM determina se a condição factual foi satisfeita; blockchain executa e registra a ação autorizada.

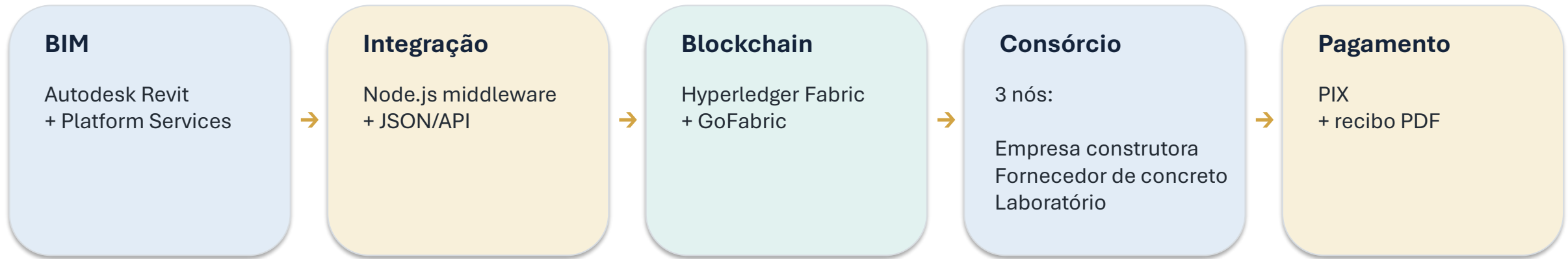
Fonte: Figure 1 do artigo; Martins, Melo & Costa (2026).

Arquitetura conceitual

FIGURA

Characteristic	Smart Contract Layer	BIM Layer
 Focus	Automation and management of contractual agreements	Creation, management, and utilization of the BIM model
 Payment Flow	Defines automated payment processes	No specific definition
 Virtual Machines Definition	Specifies VMs required to execute contracts	No specific definition
 Organization Definitions	Establishes roles and responsibilities	No specific definition
 Business Group Definition	Defines business groups within organizations	No specific definition
 Communication Channel Definition	Sets up secure communication channels	No specific definition
 Assets Definition	Defines assets involved in the project	No specific definition
 Permissions Definition	Establishes access control policies	No specific definition
 Endorsement Policy Definition	Defines rules for validating transactions	No specific definition
 APIs Definition	Defines APIs for external system interaction	No specific definition
 LOIN Definition	No specific definition	Defines the Level of Information Need
 BIM Model Development	No specific definition	Creates the BIM model
 BIM Model Derivation	No specific definition	Derives information from the BIM model
 Contract Integration	No specific definition	Integrates the BIM model with contracts

7. Como o protótipo funciona tecnicamente



O elemento BIM torna-se “payment-eligible” quando volume, data de concretagem e resultados de resistência atendem aos limiares.

O smart contract registra entrega, verifica conformidade, autoriza pagamento e grava a transação.

A arquitetura é permissionada: acesso restrito a participantes autorizados.

ISO 7817-1:2024 (LOIN) é operacionalizada como limiar quantitativo de pagamento.

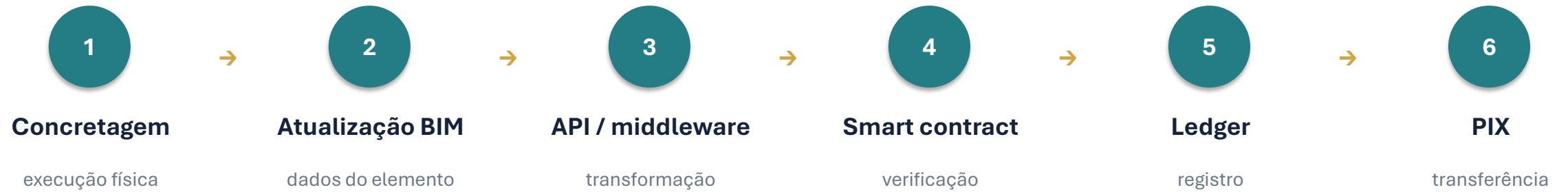
Table 1. Information need hierarchy for cast-in-place concrete wall systems, illustrating the flow of geometric and alphanumeric data from on-site construction to payment validation, based on [ISO 7817-1:2024](#) LOIN requirements

Information	Category	Why (purpose)	When (delivery time)	Who (provider/Receiver)	What (object/Structure)
Dimensions (length, height, thickness, and area)	Geometric	Geometric dimensioning and design compatibility	Design development stage	Architect/Structural Engineer	Walls and slabs/ Floor levels and roof slabs
Concrete volume	Alphanumeric	Concrete delivery tracking	Construction stage	Concrete supplier/Site manager	Walls and slabs/ Concrete volume cast per modelled element
Tower location within the development	Alphanumeric	Concrete delivery tracking	Construction stage	BIM coordinator/Site team	Walls and slabs/ Tower reference for construction control and traceability
Floor-level location within the tower	Alphanumeric	Concrete delivery tracking	Construction stage	BIM coordinator/Site team	Walls and slabs/ Reference floor level for construction control and traceability
Concrete specifications (slump, compressive strength, fck)	Alphanumeric	Concrete quality testing	Construction stage	Site manager/Concrete supplier	Walls and slabs/ Technical specifications for construction control and traceability
Fresh concrete slump test result	Alphanumeric	Concrete quality testing	Construction stage	Testing laboratory/Site manager	Walls and slabs/ Concrete quality testing for construction control and traceability

Source(s): Compiled by the authors based on [ISO 7817-1:2024](#)

8. Fluxo de pagamento semiautomatizado

WORKFLOW



Resultado: conexão entre execução física, representação digital e atividade financeira.

9. Avaliação técnica: 81–95%

ISO/IEC 25010:2023 foi usada como base para quatro dimensões.



dados reais de projeto • ambiente de simulação controlada

Atenção: desempenho técnico ≠ validação operacional em produção.

11. Percepção dos usuários: otimismo cauteloso

Production Analyst

Utilidade >4,0.

Valor: rastreabilidade e eliminação de reconciliação manual.

Preocupações: ERP e qualidade da entrada de dados.

Legal Coordinator

Avaliação positiva da rastreabilidade e das faturas.

Valor: trilhas imutáveis para disputas.

Principal obstáculo: exequibilidade jurídica

Utilidade



4.2/5

Usabilidade



3.7/5

**n = 2 → evidência
direcional, não
generalizável.**

12. O que impede a adoção — e o que a viabiliza?

Barreiras

Integração com ERP legado.

Automação ainda parcial: invoice e aprovação permanecem manuais.

Prontidão organizacional e treinamento.

Adaptação jurídica e contratual.

Facilitadores

Confiabilidade e transparência dos dados.

Simplificação do processo de verificação.

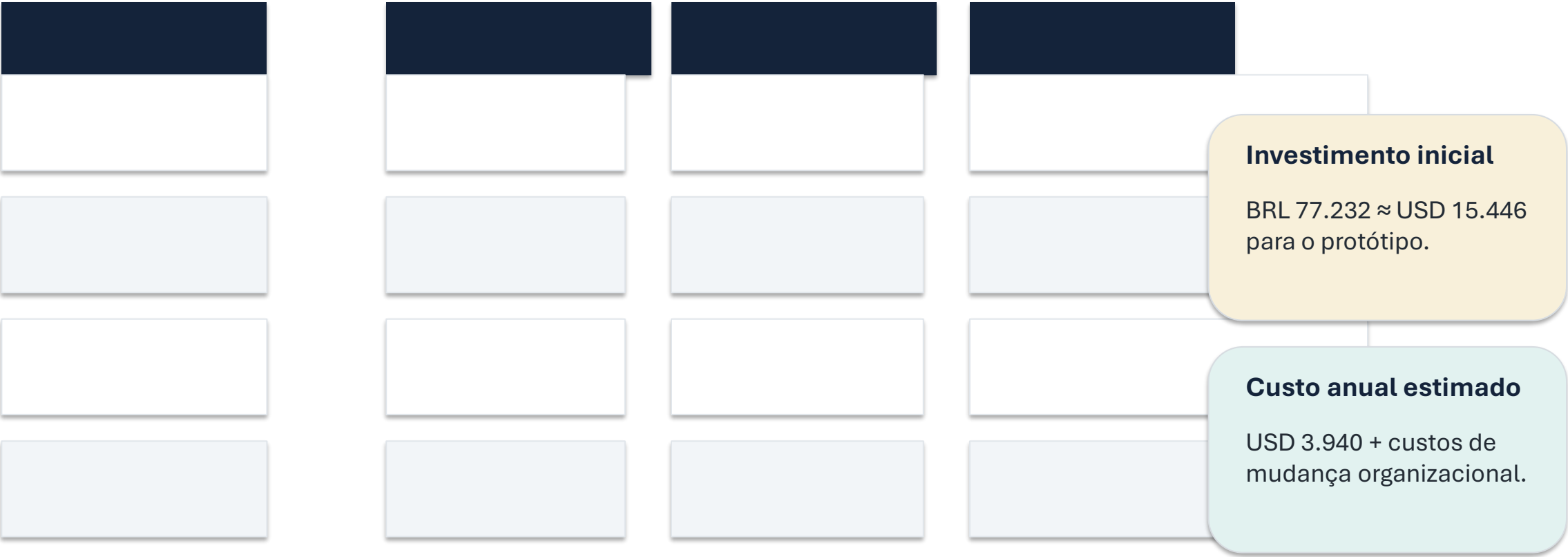
Ledger compartilhado como a única fonte de verdade.

Maior accountability entre os participantes.

Conclusão desta etapa: viabilidade tecnológica é necessária, mas não suficiente para adoção.

13. Potencial econômico: ganhos projetados

IMPLICAÇÕES



⚠ Todos os ganhos são simulações/projeções sob condições ideais; não são resultados operacionais confirmados.

14. Questão crítica: smart contract ≠ contrato jurídico

O artigo propõe uma arquitetura híbrida: contrato tradicional como instrumento jurídico principal + smart contract como mecanismo técnico de execução.

Contrato jurídico

Escopo • pagamento • garantias • disputas
Base: Código Civil (Brasil, 2002) / Lei 14.133 (Brasil, 2021)

Smart contract

Executa condições previamente pactuadas
Registra eventos e gera trilha auditável

Blockchain

Timestamp • hash • imutabilidade • consenso
Evidência potencialmente mais robusta, mas ainda dependente de contexto jurídico

Desafios: status jurídico • responsabilidade por erros • admissibilidade da evidência • governança multipartes • incerteza regulatória

O artigo recomenda cláusulas contratuais explícitas que façam referência à automação via blockchain.

15. A contribuição conceitual: confiança digital + duas autoridades

BIM → autoridade epistêmica

Responde: “o que aconteceu?”

Dados geométricos e paramétricos transformam conhecimento do canteiro em evidência verificável.

Blockchain → autoridade executiva

Responde: “o que fazer agora?”

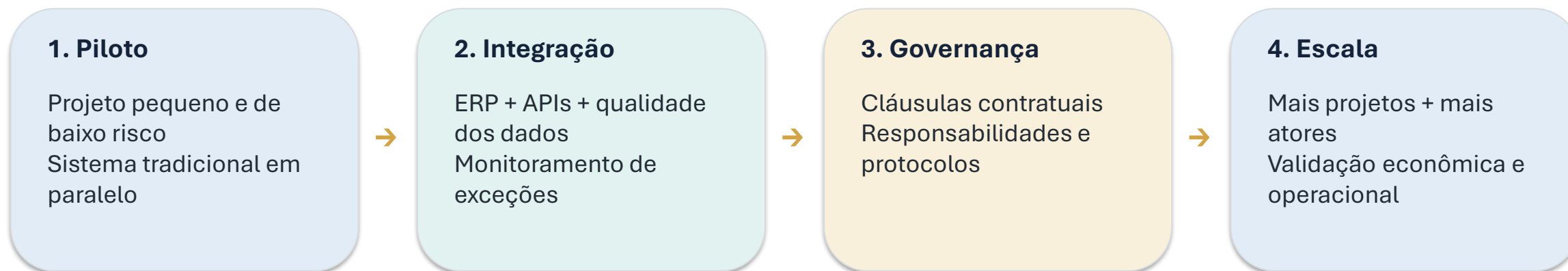
Consensus + regras do smart contract tornam a decisão de pagamento verificável e rastreável.

CONFIANÇA DIGITAL

A confiança deixa de depender apenas de relações interpessoais e passa a ser parcialmente suportada pela arquitetura tecnológica.

Perboli et al. (2020) • Eisenhardt (1989) • Martins, Melo & Costa (2026)

16. Da prova de conceito à prática: caminho recomendado



Critério de passagem: estabilidade operacional + qualidade de dados + aceitação dos usuários + segurança jurídica.

Pesquisa futura: amostras maiores ($n \geq 30$), pilotos live e estudos multiempresa.

Integração ERP–blockchain: APIs padronizadas, ontologias leves, sincronização e rollback.

Legal informatics: cláusulas padronizadas, evidência e alocação de responsabilidade.

17. Agenda de pesquisa para a comunidade blockchain

Interoperabilidade

Como conectar blockchain, BIM, ERP e oráculos sem criar nova fragmentação?

Governança

Quem pode alterar regras, dados, participantes e smart contracts?

Direito

Como tornar evidência e execução automatizada juridicamente robustas?

Escala

Como o modelo se comporta com 6–10+ atores e múltiplos projetos?

Incentivos

A automação reduz oportunismo ou desloca o conflito para novas arenas?

Novos usos

Qualidade, supply chain, segurança, sustentabilidade e milestones.

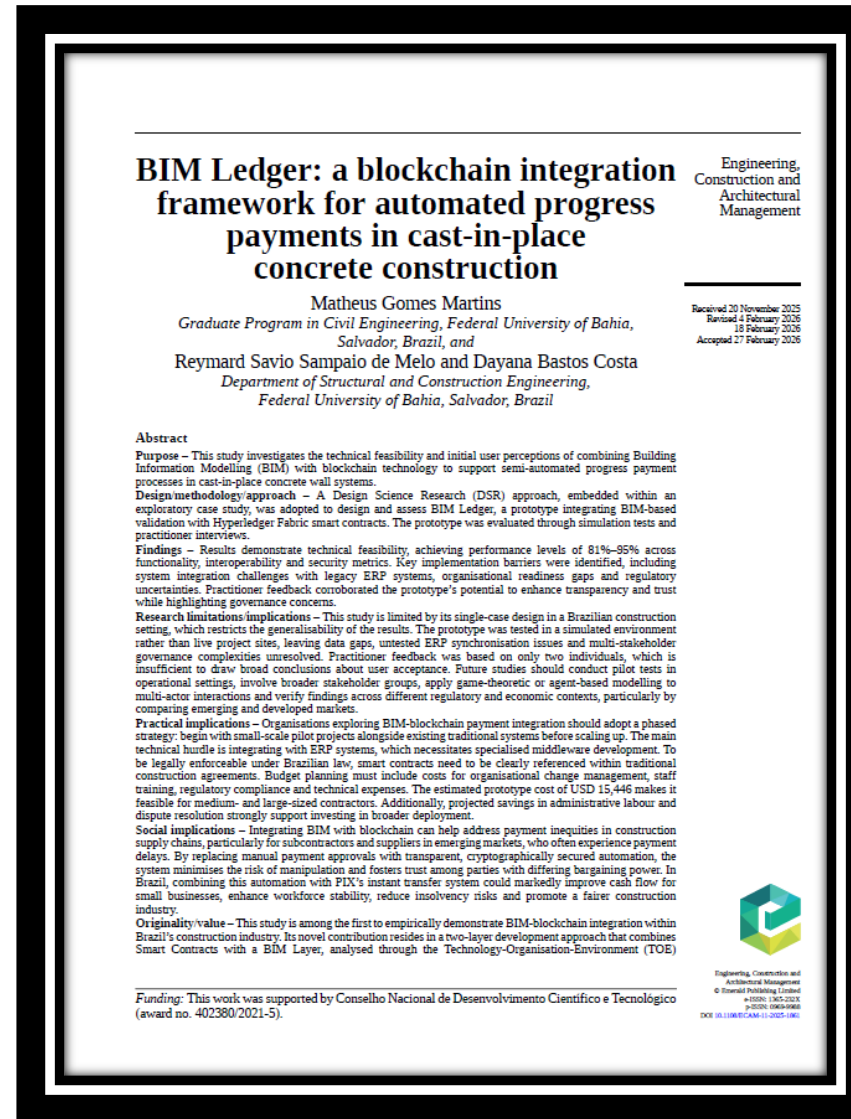
O desafio não é mais provar que BIM + blockchain pode funcionar. É provar que pode funcionar em condições reais, com governança real.

18. Mensagens finais

- 1 BIM transforma progresso físico em evidência estruturada.
- 2 Blockchain transforma condições verificadas em execução rastreável.
- 3 O protótipo demonstrou viabilidade técnica em simulação controlada.**
- 4 ERP, organização e direito são hoje os principais desafios de adoção.
- 5 O próximo salto científico é sair da simulação para pilotos operacionais.**

“Technological feasibility is necessary, but not sufficient, for adoption.”

- Brandin, R. & Abrishami, S. (2024). IoT-BIM and blockchain integration for enhanced data traceability in offsite manufacturing. *Automation in Construction*, 159, 105266.
- Elghaish, F., Abrishami, S. & Hosseini, M.R. (2020). Integrated project delivery with blockchain: an automated financial system. *Automation in Construction*, 114, 103182.
- Elsharkawi, H. et al. (2025). Construction payment automation through scan-to-BIM and blockchain-enabled smart contract. *Buildings*, 15(2), 213.
- Eisenhardt, K.M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550.
- Hevner, A.R. et al. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105.
- ISO (2018). ISO 19650-1:2018. Information management using BIM.
- ISO (2023). ISO/IEC 25010:2023. Systems and software quality models.
- ISO (2024). ISO 7817-1:2024. Building information modelling — Level of Information Need.
- Perboli, G., Capocasale, V. & Gotta, D. (2020). Blockchain-based transaction management in smart logistics. *IEEE COMPSAC*.
- Peters, G.W. & Panayi, E. (2016). Understanding modern banking records through blockchain technologies. Springer.
- Scott, D.J. & Broyd, T. (2025). Knowledge transfer from blockchain engineers to construction. *ITcon*, 30(1).
- Sonmez, R., Ahmadisheyksarmast, S. & Gungor, A.A. (2022). BIM integrated smart contract for construction project progress payment administration. *Automation in Construction*, 139, 104294.
- Martins, M.G., Melo, R.S.S. & Costa, D.B. (2026). BIM Ledger: a blockchain integration framework for automated progress payments in cast-in-place concrete construction. *ECAM*. DOI: 10.1108/ECAM-11-2025-1861.



Acesse: <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2025-1861>