

"Planeta Água: a cultura oceânica para enfrentar as mudanças climáticas no meu território"



XII Semana de Ciência e Tecnologia
SECT ICE
20 a 23 de Outubro de 2025

Realização:



Utilização de Blockchain como Meio de Armazenamento de Dados Hídricos da Bacia Amazônica

David Sotto Mayor Maciel Fernandes^{1*}, Carlos Augusto de Moraes Cruz²

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - PPGE - UFAM, Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I, 69067-005, Manaus AM, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - PPGE - UFAM, Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I, 69067-005, Manaus AM, Brasil.

*ddsmmf@gmail.com

Palavras-Chave: Blockchain, BSV, Bitcoin, Backup, Rios Amazônicos, Amazônia.

Introdução

A bacia Amazônica abriga a maior rede hidrográfica do planeta e exerce papel fundamental na vida das populações locais, servindo como fonte de subsistência, meio de transporte e elemento central do equilíbrio ambiental. Em razão de sua relevância, a região tem sido amplamente estudada em pesquisas que buscam compreender e prever o comportamento de seus rios^{7,4}. Nesse contexto, o banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) destaca-se como uma das principais fontes de dados utilizados nesses estudos.

Apesar de sua importância, a gestão de dados públicos ambientais ainda enfrenta desafios, como lacunas na continuidade das séries, riscos de alterações indevidas e altos custos de infraestrutura. Além disso, sistemas centralizados estão sujeitos à indisponibilidade e até à perda definitiva de informações em casos de falhas ou desastres. Considerando que esses dados são públicos e de alto valor científico e social, é justificável buscar métodos alternativos, eficientes e econômicos que assegurem sua preservação e transparência a longo prazo.

Nesse cenário, a tecnologia blockchain⁵ surge como uma alternativa capaz de reforçar os princípios de confiabilidade, imutabilidade e disponibilidade na gestão de informações. Sua natureza descentralizada elimina pontos únicos de falha, reduz custos operacionais e torna os registros permanentemente auditáveis. Estudos recentes têm demonstrado seu potencial em aplicações ambientais e de fé pública. Exemplos como a tokenização de árvores na Amazônia² destacam sua capacidade de rastrear e auditar ativos naturais, enquanto comparações entre blockchains públicas e privadas apontam que redes abertas são mais adequadas para cenários que demandam imutabilidade e acesso público⁶.

Em vez de substituir sistemas já consolidados, como o SNIRH, a blockchain pode ser entendida como uma infraestrutura complementar de backup público. Desse modo, o intuito desse trabalho é avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso da blockchain pública Bitcoin SV como infraestrutura complementar de transparência

e preservação de dados ambientais de forma barata e acessível.

Material e Métodos

Os dados utilizados foram obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)¹. Foram coletadas manualmente apenas séries da Bacia do Rio Amazonas, filtradas por dados telemétricos no período de 01/09/2025 a 30/09/2025. O conjunto final reuniu 615 arquivos CSV, totalizando 1.695 KB em formato .zip, denominado *arquivo de dados*. Além disso, o conjunto *arquivos de dados redundantes* foi gerado a partir de réplicas sucessivas do conjunto original até atingir tamanhos de 5, 10, 15, 20 e 30 MB.

Os experimentos foram realizados na testnet da blockchain Bitcoin SV (BSV). As transações foram construídas com 1 input de script P2PKH e 2 outputs: um com script contendo OP_RETURN para armazenamento dos dados na blockchain e o outro com script P2PKH referente ao troco. Observa-se que tamanho total da transação dependeu do volume de bytes armazenados no OP_RETURN, o que impactou diretamente o custo final em satoshis no momento do envio, consultas, por sua vez, são gratuitas. Foi aplicada a taxa de mineração de 1 sat/KB, considerando as cotações de 1 BSV = US\$ 24,75 e 1 US\$ = R\$ 5,38, referentes ao dia 09/10/2025. Dessa forma, pode-se calcular o custo em reais de um único satoshi, como representado na Tabela 1.

A montagem e transmissão da transação contendo os dados bem como a recuperação dos arquivos na blockchain foram feitas utilizando a plataforma WebSVMMenu³; em alguns casos, o arquivo baixado exigiu renomeação de .bin para .zip. Foi utilizado o explorador de blockchain BSV WhatsOnChain⁸ para acompanhar *status* e analisar transações na rede.

A Figura 1 apresenta o diagrama de fluxo do processo de *backup* dos dados coletados no SNIRH e sua posterior disponibilização na blockchain Bitcoin SV por meio da plataforma WebSVMMenu. Após o envio, os dados tornam-se públicos na rede, sendo o uso da plataforma opcional para o acesso ou download das informações.

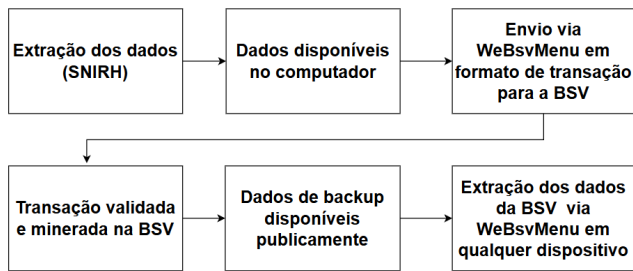


Figura 1: Fluxo de backup utilizando a blockchain

Resultados e Discussão

A transação (TXID: 580a...645) armazenou o arquivo de dados com 1.695 KB, com o tamanho total de 1.734 KB na blockchain. Aplicando a taxa de mineração, o custo total foi de 1.735 satoshis, o que equivale aproximadamente a US\$ 0,00044, ou R\$ 0,0024. Com base nesse valor em reais, pode-se estimar o impacto financeiro em função do número de transações, conforme descrito na Tabela 1:

Quant. Transações	Custo (R\$)	Tamanho (KB)
1	0,0024	1.734
10	0,024	17.340
1.000	2,4	1.734.000
10.000	24	17.340.000

Tabela 1: Custo específico armazenamento

Em termos práticos, o custo estimado para armazenamento perpétuo e verificável desses dados é R\$ 1,34 por GB.

Para verificar o tamanho máximo de arquivo suportado em uma única transação, utilizaram-se os arquivos de dados redundantes. A Tabela 2 apresenta o tamanho aproximado, em MB, de uma transação enviada para a blockchain contendo esse conjunto redundante.

Tamanho (MB)	TXID	Status	Download
5	5ec6...b45	Minerada	Íntegro
10	ce0a...924	Minerada	Íntegro
15	693f...105	Minerada	Íntegro
20	0050...a81	Minerada	Íntegro
30	43b2...7fc	Minerada	Íntegro

Tabela 2: Limite de carga por transação

Em todos os experimentos realizados, as transações foram aceitas pela rede, mineradas com sucesso e apresentaram integridade total dos dados para consulta e download. Observou-se que, à medida que o tamanho da transação aumenta, o tempo de transmissão e confirmação na rede também tende a crescer, especialmente quando a taxa de mineração não é suficientemente competitiva. Assim, recomenda-se o particionamento dos arquivos em múltiplas transações, preferencialmente de até 5 MB cada, tamanho que se mostrou eficiente até mesmo em termos de capacidade de armazenamento para os

dados utilizados.

Conclusões

Os resultados demonstraram a viabilidade técnica do uso da blockchain Bitcoin SV para o armazenamento de dados hidrológicos públicos, comprovando que é possível registrar e recuperar informações de forma íntegra e permanente. O custo-benefício mostrou-se altamente favorável: as transações são de baixo custo, seguras e geram registros imutáveis, acessíveis gratuitamente para consulta. Essa abordagem também apresenta impacto social relevante, pois permite que a população tenha acesso a dados ambientais confiáveis, auditáveis e preservados como evidência histórica.

Resultados semelhantes podem ser observados em outras iniciativas ambientais que utilizam blockchain na Amazônia², reforçando o potencial da tecnologia como meio viável e acessível para a preservação de informações ambientais de interesse coletivo. Essa abordagem contribui para uma gestão mais transparente, confiável e auditável dos recursos naturais.

Como trabalhos futuros, propõe-se a integração direta com a API do SNIRH, possibilitando o envio automatizado e periódico dos dados para a blockchain, ampliando a eficiência e a transparência na gestão das informações ambientais.

Referências

- [1] Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos (snirh). séries históricas. <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Accessed: 2025-10-09. 2025.
- [2] Andrade, R. R.; Nozawa, M.; Silva, A. D.; Ferreira, S. B.; Soares, D. S.; Cruz, K. A.; Silveira, P. H.; Silva, J. S.; Pereira, L. P.; Ortega, A. B. et al. Tokenização de árvores da Amazônia em blockchain: Um estudo de caso. page 125–133. SBC. 2025.
- [3] Cruz, C. A. M. Websvmenu: Upload and download tool for the bitcoin sv blockchain. <https://carlosamcruz.github.io/websvmenu/>. Accessed: 2025-10-09. 2025.
- [4] Gomes, W. B.; Satyamurty, P.; Correia, F. W. S.; Chou, S. C.; Fleischmann, A. S.; Papa, F.; Vergasta, L. A.; Lyra, A. d. A. Ensemble hydrological predictions at an intraseasonal scale through a statistical–dynamical downscaling approach over southwestern Amazonia. *Journal of Water and Climate Change*, 15(8):4076–4098. 2024.
- [5] Nakamoto, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Available at SSRN 3440802*. 2008.
- [6] Neves, J. T.; Oliveira, J. M.; Pinheiro, T. C.; Oliveira, M. R.; de Moraes Cruz, C. A. Comparative analysis between a private network micro-blockchain IoT and a public blockchain in the data collection of decentralized agents. In *Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI*, volume 1. 2023.
- [7] Paiva, R. C. D. d.; Collischonn, W.; Bonnet, M.-P.; De Gonçalves, L. On the sources of hydrological prediction uncertainty in the Amazon. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(9):3127–3137. 2012.
- [8] WhatsOnChain. Blockchain explorer for bitcoin sv. <https://whatsonchain.com>. Accessed: 2025-10-09. 2025.