

Plataforma Blockchain para Monetização de Dados Veiculares visando Eficiência Energética

Stephanie Silva^{1 2}, Victor Silva¹, Malkai Oliveira¹ e Wilson Melo Jr.¹

¹Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)
Av. N. S. das Graças, 50, Xerém – Duque de Caxias

²Centro Universitário Carioca (UniCarioca)
Av. Paulo de Frontin, 568, Rio Comprido – Rio de Janeiro

{sssilva,vdsouza,mpoliveira}@colaborador.inmetro.gov.br

wsjunior@inmetro.gov.br

Abstract. *This article develops a blockchain-based strategy for monetizing vehicular data with a focus on sustainability. Monetization is defined by rules implemented through smart contracts, which assess not only the driver's effort in sharing data but also the vehicle's usage and energy consumption. The solution is being implemented using Hyperledger Fabric and Kubernetes tools, providing data transparency, integrity, and traceability while encourages sustainable driving practices and the adoption of more energy-efficient vehicles.*

Resumo. *Este artigo desenvolve uma estratégia baseada em blockchains para monetizar dados veiculares com foco em sustentabilidade. A monetização é definida a partir de regras implementadas por contratos inteligentes, que avaliam não apenas o esforço do condutor em compartilhar dados, mas também o uso do veículo e seu consumo energético. A solução está sendo implementada com o uso das ferramentas Hyperledger Fabric e Kubernetes, provendo transparência, integridade e rastreabilidade de dados em um sistema que incentiva práticas de condução sustentáveis e adoção de veículos com maior eficiência energética.*

1. Introdução

A transformação digital e a crescente conectividade global destacam a mobilidade urbana como uma área de grande potencial para novos modelos de negócio orientados a dados. A disponibilidade de dados veiculares possibilita aplicações customizadas, como seguros personalizados baseados no estilo de condução, segurança baseada em chamadas de emergência inteligentes (*eCalls*), serviços de conveniência (e.g., *concierge*) e maior eficiência de tráfego (e.g., navegação inteligente) [Sterk et al. 2022]. Esses serviços aumentam a experiência do usuário e criam oportunidades para novos modelos de negócio baseados na monetização dos dados. No entanto, a implementação desta abordagem enfrenta desafios, como garantir a privacidade dos dados e criar incentivos que motivem os condutores a compartilharem suas informações de forma segura e voluntária. A monetização eficiente de dados veiculares depende do interesse dos usuários em compartilhar informações que beneficiem tanto as organizações quanto os condutores. Para que isso aconteça, é essencial que os usuários percebam claramente os benefícios do compartilhamento seguro e transparente de dados [George and George 2022].

Alguns trabalhos de pesquisa têm abordado diferentes técnicas para tentar resolver esse problema. [Khezzar et al. 2023] propõe o leilão de dados, um processo no qual os proprietários de dados colocam suas informações disponíveis para venda e os interessados fazem lances para adquiri-las. Já [Javaid et al. 2020] propõe um sistema de reputação *emblockchain*, permitindo que consumidores avaliem os dados adquiridos, visíveis para futuros compradores. No entanto, em meio às diferentes abordagens, nota-se que nenhum desses modelos prioriza questões críticas de sustentabilidade, como eficiência energética e emissões veiculares. Em um período marcado por mudanças climáticas e aquecimento global, onde os combustíveis fósseis são recursos finitos e poluentes, é essencial considerar soluções que minimizem o impacto ambiental e promovam práticas sustentáveis.

Este artigo desenvolve uma proposta de monetização de dados veiculares que se diferencia dos trabalhos encontrados na literatura ao propor uma abordagem focada na eficiência energética veicular. Nossa pesquisa explora como a tecnologia *blockchain* pode registrar e monetizar informações sobre consumo de combustível, padrões de condução e rotas percorridas, contribuindo para o desenvolvimento de soluções de mobilidade mais eficazes e sustentáveis. Além disso, o artigo sugere a definição de métricas para avaliar os dados com base no consumo de combustível e comportamentos sustentáveis. O objetivo é investigar e demonstrar a aplicação prática e inovadora de *blockchain* e contratos inteligentes na monetização desses dados.

2. Trabalhos relacionados

A monetização de dados na Internet das Coisas (IoT) enfrenta o desafio de garantir a confiabilidade e integridade das informações coletadas [Javaid et al. 2020]. Os recursos de imutabilidade e transparência da tecnologia *blockchain* podem ajudar a garantir o armazenamento confiável de dados necessário em muitos processos de monetização de dados de IoT [Rocha et al. 2021].

Ao coletar informações veiculares, estamos essencialmente modelando um sistema de *crowdsourcing* móvel [Ray et al. 2023] onde usuários compartilham dados em troca de recompensas. No entanto, a implementação de sistemas de *crowdsourcing* enfrenta desafios, como questões de privacidade dos dados, especialmente quando se trata de informações sensíveis, como a geolocalização e a necessidade de incentivos eficazes para estimular o uso dos aplicativos e a troca de informações. O *crowdsensing*, por sua vez, utiliza a colaboração de uma grande quantidade de dispositivos móveis de usuários para reduzir custos e consumo de energia, aproveitando a correlação espacial e temporal dos dados para garantir qualidade e eficiência no processo de sensoriamento. [Yu et al. 2021].

A abordagem descentralizada do *blockchain*, em linha com os desafios do *crowdsensing*, permite que dados sejam compartilhados de forma segura, distribuída e imutável [Figueiredo et al. 2022]. A rede *blockchain* registra transações por consenso entre *peers*, garantindo cópias precisas do *ledger*. Essa tecnologia pode ser usada para registrar e monetizar dados veiculares, como consumo de combustível e padrões de condução, promovendo soluções de mobilidade eficientes e sustentáveis. Neste intuito, a opção por redes *blockchain* permissionadas (i.e., onde os *peers* são identificados) permite a implementação de quóruns de consenso, usando algoritmos tolerantes a falhas (e.g., *Raft* ou BFT) que resultam em melhor desempenho e reduzem significativamente o consumo de energia em comparação com protocolos baseados em provas (e.g., PoW e PoS).

[Sterk et al. 2022] destacam a importância dos modelos de negócios baseados em dados no setor de carros conectados e a falta de *insights* teóricos. Os autores desenvolveram uma taxonomia em quatro perspectivas: proposta, arquitetura, rede e finanças de valor, e a aplicaram a 70 empresas, demonstrando sua eficácia e orientando a criação de estratégias de monetização de dados.

[Parvinen et al. 2020] categorizam novos modelos de negócios para a venda de dados, identificando restrições como tipo de organização, características dos dados, privacidade e a segurança. Os autores apresentam métodos para otimizar o uso de dados e fornecem orientações para pesquisas futuras que atendam às expectativas dos consumidores e da sociedade, facilitando a inovação e a geração de receita baseada em dados.

[Orlov and Kallbekken 2019] analisaram como as atitudes dos consumidores em relação à eficiência energética influenciam a escolha do veículo na Noruega. O estudo destaca que a valorização do consumo de combustível aumenta a probabilidade de os clientes optarem por veículos elétricos em vez de convencionais, enfatizando a importância das atitudes pessoais na adoção de veículos elétricos.

3. Monetização de Dados Veiculares com Blockchain e Crowdsensing

A solução de monetização proposta baseia-se na coleta de dados de telemetria veicular, obtidos através de dispositivos inteligentes, visando promover políticas de eficiência energética. Esses dados são enviados pela Internet para uma rede *blockchain* composta por organizações que tenham interesse em incentivar o uso sustentável do veículo, como por exemplo órgãos governamentais, empresas vinculadas a práticas de sustentabilidade, entidades representantes da sociedade civil com interesse em fomentar o uso consciente do veículo, dentre outras. O *blockchain* armazena os dados de forma imutável, assegurando que não possam ser modificados e garantindo a auditabilidade e rastreabilidade dos registros. A monetização desses dados é realizada com base em regras predefinidas, implementadas por meio de contratos inteligentes, que flexibilizam e automatizam o processo, vinculado ao próprio armazenamento seguro no *blockchain*. Assim, a adoção dessa tecnologia não apenas assegura a integridade das informações, mas também viabiliza um modelo de monetização transparente e eficiente.

A Figura 1 ilustra um sistema de telemetria veicular em combinação com a tecnologia *blockchain*. Neste exemplo, a coleta de dados é feita pela interface *On-Board Diagnostics* (OBD) do veículo. Os dados são registrados no *blockchain*, tornando-os imutáveis e confiáveis. Esta abordagem permite um monitoramento preciso, uma vez que os contratos inteligentes aproveitam dados como consumo de combustível, padrões de aceleração e frenagem, e rotas percorridas para avaliar e atribuir recompensas ao veículo.

A monetização é realizada através de contratos inteligentes implementados pela rede *blockchain* para análise dos dados enviados pelos condutores. Estes são recompensados de acordo com o volume e a qualidade dos dados fornecidos. Por exemplo, dados sobre consumo de combustível serão coletados e analisados. Quando o condutor envia dados, recebe uma recompensa; no entanto, se o veículo for mais eficiente em termos de consumo de combustível, sua recompensa será maior. O mesmo ocorre se o veículo emitir menos poluentes. Além disso, o comportamento do condutor também pode ser considerado: condutores que dirigem de maneira segura e eficiente recebem recompensas maiores. Essas recompensas são calculadas com base em regras de monetização predefi-

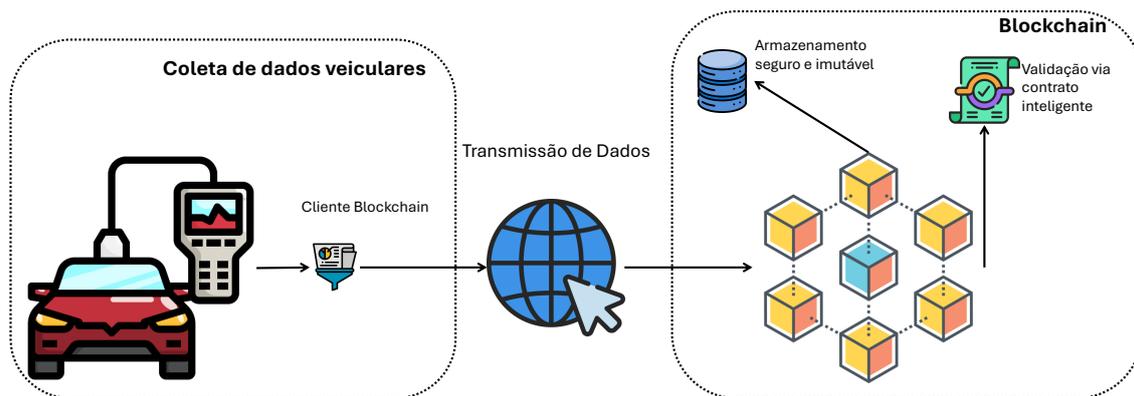


Figura 1. Monetização de dados de telemetria veicular usando *blockchains*.

nidas, e são distribuídas automaticamente por meio da *blockchain*, garantindo um sistema auditável e transparente para todos os participantes.

4. Implementação da plataforma de monetização

Para capturar informações veiculares, utilizamos um aplicativo¹ desenvolvido no escopo deste trabalho, que coleta dados de geolocalização e consumo de combustível por meio de dispositivos IoT (ou IoV - *Internet of Vehicles*) conectados à porta OBD do veículo. Esses dispositivos são responsáveis por extrair informações dos sensores já presentes no veículo, convertendo-as em transações e enviando-as para a plataforma *blockchain* através de um software cliente instalado nos próprios dispositivos. Como plataforma *blockchain*, utilizamos o *Hyperledger Fabric* em uma configuração que pode ser composta por várias organizações e *peers*. As regras de monetização são implementadas como *chaincodes*², que é o código executado na rede *blockchain* para processar transações. A partir dos dados veiculares armazenados no *blockchain*, os *chaincodes* escritos em linguagem *Go-lang* calculam a eficiência energética dos veículos, considerando a distância percorrida e o consumo de combustível. Para que o *chaincode* receba e execute comandos, utilizamos o *API Fabric* como interface de comunicação com o cliente. A implementação da rede *blockchain* utiliza ainda o *Kubernetes* como orquestrador, garantindo escalabilidade e possibilitando aumentar ou diminuir a quantidade de recursos (como CPU e memória) para funções de alta disponibilidade. Todos os artefatos já implementados estão disponíveis em um repositório³ de acesso público.

5. Próximos passos

Com essa infraestrutura em funcionamento, os próximos passos incluem implementar novos *chaincodes* para monetizar os dados. A ideia é desenvolver métricas que avaliem o consumo de combustível e recompensem os condutores de forma proporcional à eficiência energética demonstrada. Esta tarefa é um dos grandes desafios deste trabalho. Em primeiro momento, é possível avaliar os dados veiculares de forma qualitativa e quantitativa, avaliando parâmetros como a frequência com a qual o condutor envia os dados, se os

¹<https://github.com/malkai/ObdApp>

²*Chaincodes* correspondem aos contratos inteligentes na plataforma Hyperledger Fabric.

³<https://github.com/stephanietygna/EnerBlock>

dados recebidos são coerentes com aqueles informados por veículos similares, ou mesmo avaliar padrões comportamentais do condutor que indiquem práticas de condução associadas à modelos sustentáveis. É possível observar que tais estratégias abrem diversas possibilidades em termos de avaliação tanto do veículo (i.e., características de fabricação e eficiência) quanto do condutor (i.e., estilo de condução). Outro aspecto que temos estudado é a vinculação de regras de monetização aos eventos de abastecimento do veículo. Neste contexto, o condutor pode estabelecer um compromisso de fornecer dados sempre que o veículo é abastecido, e ser avaliado pela forma como utilizou o combustível adquirido durante esse abastecimento. Tal modelo é interessante por criar um vínculo entre o compartilhamento de dados e o próprio modelo de negócio associado ao consumo de combustível. Uma terceira abordagem possível consiste em se avaliar o tipo de combustível utilizado. Neste caso, o veículo e condutor são avaliados também pelo uso da matriz energética. Em tal modelo, veículos elétricos poderiam, por exemplo, apresentar vantagens em relação a veículos movidos a combustível fóssil, dado que o primeiro tem condições de fazer uso de fontes de energia mais sustentáveis.

Em relação à privacidade das informações coletadas, a ideia é que a monetização não envolva dados pessoais, mas apenas a telemetria do veículo. Mesmo que alguns desses dados sejam privados, a ideia é protegê-los através de mecanismos de anonimização. Se eventualmente um usuário decidir remover seus dados, a abordagem que consideramos mais indicada consiste em descartar elementos associados à recuperação dessas informações, como por exemplo chaves criptográficas e identificadores que vinculam um usuário aos dados de seu veículo. Nesse caso, mesmo que a informação permaneça escrita no *blockchain*, ela se torna irrecuperável pelo fato de não poder mais ser associada a um veículo específico. No entanto, reconhecemos que tal questão representa um desafio significativo que deverá ser abordado em trabalhos futuros.

6. Conclusões

Em um cenário de transformação digital e crescente conectividade, a mobilidade urbana abre portas para novos modelos de negócios baseados em dados veiculares, trazendo à tona desafios significativos relacionados à privacidade e à motivação dos condutores para compartilhar seus dados. Nossa proposta busca abordar esses desafios por meio do uso de *blockchain* e contratos inteligentes para promover práticas sustentáveis de condução. Nosso objetivo é estabelecer métricas justas para monetizar esses dados, incentivando o uso eficiente de energia, a redução das emissões veiculares e promovendo um futuro mais sustentável para a mobilidade urbana.

A confiabilidade das informações fornecidas pelos motoristas é um pilar fundamental para o sucesso do sistema de monetização, uma vez usuários maliciosos podem produzir dados fraudulentos em benefício próprio, comprometendo a eficácia do modelo de negócios. Reconhecemos que garantir a procedência dos dados é um desafio complexo, que envolve a identificação, autenticação e verificação das informações geradas pelos veículos. Embora tal questão seja crítica, este tema seja abordado em trabalhos futuros, onde serão exploradas estratégias mais avançadas para garantir que as fontes de dados (e.g., sensores veiculares e dispositivos OBD) sejam protegidas contra manipulação.

Referências

- [Figueiredo et al. 2022] Figueiredo, K., Hammad, A. W., Haddad, A., and Tam, V. W. (2022). Assessing the usability of blockchain for sustainability: Extending key themes to the construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 343:131047.
- [George and George 2022] George, A. S. and George, A. H. (2022). Data sharing made easy by technology trends: New data sharing and privacy preserving technologies that bring in a new era of data monetization. *Partners Universal International Research Journal*, 1(3):13–19.
- [Javaid et al. 2020] Javaid, A., Zahid, M., Ali, I., Khan, R. J. U. H., Noshad, Z., and Javaid, N. (2020). Reputation system for iot data monetization using blockchain. In *Advances on Broad-Band Wireless Computing, Communication and Applications: Proceedings of the 14th International Conference on Broad-Band Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2019) 14*, pages 173–184. Springer.
- [Khezzr et al. 2023] Khezzr, S., Yassine, A., and Benlamri, R. (2023). Towards a secure and dependable iot data monetization using blockchain and fog computing. *Cluster Computing*, 26(2):1551–1564.
- [Orlov and Kallbekken 2019] Orlov, A. and Kallbekken, S. (2019). The impact of consumer attitudes towards energy efficiency on car choice: Survey results from norway. *Journal of Cleaner Production*, 214:816–822.
- [Parvinen et al. 2020] Parvinen, P., Pöyry, E., Gustafsson, R., Laitila, M., and Rossi, M. (2020). Advancing data monetization and the creation of data-based business models. *Communications of the association for information systems*, 47:25–49.
- [Ray et al. 2023] Ray, A., Chowdhury, C., Bhattacharya, S., and Roy, S. (2023). A survey of mobile crowdsensing and crowdsourcing strategies for smart mobile device users. *CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction*, 5(1):98–123.
- [Rocha et al. 2021] Rocha, G., Oliveira, L., and Talamini, E. (2021). Blockchain applications in agribusiness: A systematic review. *Future Internet*, 13:95.
- [Sterk et al. 2022] Sterk, F., Dann, D., and Weinhardt, C. (2022). Monetizing car data: A literature review on data-driven business models in the connected car domain. In *HICSS*, pages 1–10.
- [Yu et al. 2021] Yu, Z., Ma, H., Guo, B., and Yang, Z. (2021). Crowdsensing 2.0. *Communications of the ACM*, 64(11):76–80.