

Transformando a Sociedade com a Web 3.0

Um Relato de Projeto Inovador de P&D para Transferência do Cuidado do Paciente e Confiança Digital

Eliomar Araújo de Lima
Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás
eliomar.lima@ufg.br

Valdemar Vicente Graciano
Neto
Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás
valdemarneto@ufg.br

Jacson Rodrigues
Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás

Sand Luz Corrêa
Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás

Matheus Lázaro
Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás

Fabio Moreira Costa
Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás

ABSTRACT

Web 3.0 has emerged as a (r)evolution, transforming Web 2.0 into a more decentralized version of it. Its enabling technologies foster the development of innovative applications with high potential societal impact. In this context, a prospective project was established between the National Telecommunications Agency (ANATEL) and the Federal University of Goiás (UFG) to develop products leveraging Web 3.0 enabling technologies. The main contribution of this paper is to present an experience report on the project and to disseminate the products created, making them publicly available to society and to the Workshop audience. Two main products were developed: dHigeia, in the healthcare domain; and dAurora, in the field of combating disinformation. The results indicate that the decentralized applications developed have significant potential for social impact.

KEYWORDS

Web 3.0, blockchain, digital twin, metaverso, realidade virtual, fake news, saúde

1 INTRODUÇÃO

A Web 3.0, caracterizada pelos preceitos de descentralização, imersão, semântica, foco no usuário e integração com o mundo ciberfísico, representa a (r)evolução da Web anteriormente disponível. Com a utilização de tecnologias como *blockchain* e seus contratos inteligentes, metaverso, e gêmeos digitais, a Web 3.0 pode favorecer o desenvolvimento de soluções disruptivas com potencial de transformar a vida dos cidadãos.

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), vislumbrando potencial e percebendo o alinhamento vocacional entre os princípios da Web 3.0 e a sua própria atuação, iniciou em 2022 um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) junto à Universidade Federal de Goiás (UFG) para investigar os potenciais do uso de tecnologias da Web 3.0 no desenvolvimento de soluções. O projeto

foi intitulado *Web 3 Brazil* e capitaneou esforços para a criação de plataformas embasadas nos pilares da Web 3.0

Neste sentido, a contribuição principal deste artigo é trazer um relato de experiência de um projeto de P&D *Web 3 Brazil* desenvolvido entre a UFG e a ANATEL. O projeto tornou-se um guarda-chuva que abriga duas linhas principais de aplicações descentralizadas na Web 3.0 (do inglês, *decentralized applications* ou dApp) que serão detalhadas neste artigo: uma voltada à Transferência do Cuidado em Saúde (dHigeia), que emprega as tecnologias habilitadoras da Web 3.0 para criar uma solução de assistência em saúde no domínio oftalmológico; e outra voltada à confiança digital (dAurora), auxiliando entidades no processo de checagem de fatos. Nestes projetos, a blockchain é o *core* tecnológico que permite e garante confiança nas funcionalidades das tecnologias Web 3.0 (imersivas e de IA) apresentadas. Para relatar os resultados alcançados, o artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a Seção 3 descreve os resultados; a Seção 4 discute o impacto social; e por fim, a Seção 5 traz as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Web 3.0 constitui-se em um arranjo tecnológico em rede que visa proporcionar experiências sensoriais realísticas e interações plenas, uma vez assegurados os preceitos de descentralização, imersão, capacidade semântica, centralização no usuário e conexão com o mundo ciberfísico [6]. Nesse contexto, um conjunto de tecnologias habilitadoras assume importância crítica para a plena realização da Web 3.0. Esse conjunto inclui as tecnologias e protocolos que serviram de base para as gerações anteriores da Web, como WWW, HTML e HTTP, mas torna-se mais rico com as tecnologias que habilitam as novas características que singularizam a Web 3.0. Porquanto, sete tecnologias habilitadoras se destacam [3]: (i) Descentralização baseada em *blockchain*; (ii) Imersividade; (iii) Metaverso; (iv) Gêmeos digitais; (v) Inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina (AM); (vi) Redes 5G e Pós-5G; e (vii) Computação de borda.

As redes *blockchain* formam a base para o princípio da descentralização e acesso a conteúdo na Web 3.0, enquanto metaverso e imersividade permitem definir novas e mais envolventes modalidades de interação com o usuário. Gêmeos digitais, por sua vez, habilitam a conexão da Web 3.0 com o mundo físico. Esses habilitadores são partes autônomas que podem existir fora do contexto da Web 3.0, bem como estabelecer relações próprias entre si, as quais

independem do contexto da Web 3.0 (por exemplo, um metaverso isolado pode ser construído com base em tecnologias imersivas e gêmeos digitais, sem necessariamente estar conectado à Web 3.0).

Redes 5G e pós-5G fornecem o substrato para comunicação com baixa latência e alta vazão entre os componentes de aplicações móveis e serviços na Web 3.0, por exemplo, para melhorar a qualidade do serviço em aplicações imersivas. Por sua vez, técnicas de IA e aprendizado de máquina podem ser utilizadas para habilitar o comportamento proativo de ambientes de metaverso, assim como para construir modelos adaptativos de gêmeos digitais, ou mesmo para agregar funcionalidades inteligentes às próprias aplicações da Web 3.0.

É importante mencionar que os habilitadores retrocitados foram identificados a partir de um mapeamento sistemático, realizado no contexto deste projeto [2]¹. A próxima seção descreve as soluções elaboradas a partir das tecnologias habilitadoras mencionadas.

3 PROJETOS DE APLICAÇÃO

Por meio da implementação das tecnologias habilitadoras da Web 3.0, dois casos principais foram derivados do projeto e são discutidos nesta seção, como segue.

3.1 Caso 1: Transferência do Cuidado em Saúde com Acessibilidade para Surdos

A aplicação na área da saúde foi nomeada de **dHigeia** e tem como caso de uso a transferência do cuidado do paciente. A motivação parte da premissa de que há uma alta concentração de profissionais de saúde altamente qualificados nos grandes centros, enquanto regiões afastadas não dispõem de acesso a serviços adequados de saúde. A solução proposta para este caso de uso compreende tecnologias da Web 3.0, favorecendo a disponibilização de tecnologias de assistência à saúde para pacientes que residem em regiões remotas. Mais especificamente, o projeto relaciona-se ao atendimento oftalmológico para diagnóstico de glaucoma, a partir da leitura da pupila, com atendimento acessível para surdos.

O projeto valeu-se do metaverso como recurso para possibilitar o acesso do paciente e dos médicos. Os cenários estão projetados em um metaverso clínico, isto é, potencializado por tecnologias de realidade virtual e aumentada (RVA), e envolvem os atores *Paciente*, *Médico Clínico* e *Médico Especialista*. As etapas do atendimento incluem *Anamnese*, *Exame* (pupilometria), *Diagnóstico*, *Transferência do Cuidado* e *Consulta*.

Na *Anamnese*, o paciente interage em RVA com sobreposições acessíveis em Libras (vídeos/*overlays* (como mostra a Figura 1), legendas e *prompts* visuais persistentes), o que reduz barreiras comunicacionais e aumenta o potencial de compreensão dos pacientes. As respostas ao questionário apresentam navegação livre; cada resposta é registrada em transação vinculada ao ativo do paciente e à sessão clínica fazem parte de uma cadeia de custódia (implementada através do modelo de dados e arquitetura híbrida *on-chain/off-chain*, orquestrada com blockchain permissionada).



Figura 1: Ambiente do metaverso com intérprete de libras durante a etapa de anamnese.

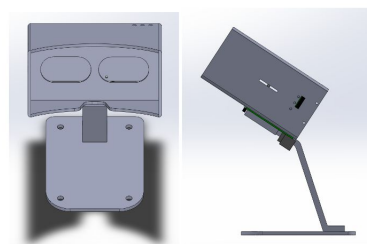


Figura 2: Pupilômetro desenvolvido no âmbito do projeto.

No *Exame* de pupilometria, o dispositivo nomeado de pupilômetro (mostrado na Figura 2) captura o vídeo com estímulos luminosos e envia o fluxo a um nó de borda com GPU, onde ocorre a inferência em tempo quase real. O *pipeline* de visão computacional combina **redes CNN com YOLOv4-Tiny** para detecção e ranqueamento da pupila em cada quadro. As séries são filtradas e segmentadas por fases do protocolo de estímulo, gerando atributos fisiológicos: diâmetro basal, contração máxima, latências, velocidades de constrição/dilatação e índices agregados.

Com as curvas resultantes, o vídeo bruto e gráficos derivados são versionados em repositório *off-chain*; seus *hashes* e metadados (protocolo, carimbo temporal, vínculos paciente-médico-sessão) são ancorados em *blockchain* permissionada. O gêmeo digital (capturado através de dispositivo vestível) do paciente é atualizado com as variáveis e eventos do percurso, tornando-se o artefato de referência para a etapa seguinte.

No *Diagnóstico*, o *Médico Clínico* inspeciona as curvas e solicita, quando pertinente, a *Transferência do Cuidado* para um *Médico Especialista*. Essa transferência ocorre em ambiente colaborativo imersivo (metaverso), no qual ambos acessam o gêmeo digital e os resultados do exame com recursos de acessibilidade equivalentes para o paciente surdo. A concessão/revogação de acesso é formalizada por transação de contrato inteligente que atualiza o ativo Consent (escopo, validade, nível de acesso), gerando a auditoria imutável na blockchain. Concluída a transferência, a responsabilidade clínica do especialista fica registrada no *ledger* com referências

¹Ressalta-se que, a revisão da literatura não identificou iniciativas semelhantes que abriguem tantos dos conceitos e tecnologias da Web 3.0 ou tecnologias semelhantes disponíveis no estado da arte para ambos os cenários em uma mesma solução tecnológica.

cruzadas à sessão e aos artefatos analisados, habilitando verificação independente de integridade e autoria. A *Consulta* subsequente ocorre com os materiais clínicos acessíveis e auditáveis; do ponto de vista operacional, a combinação de *edge computing* com conectividade 5G/Wi-Fi 6E reduz a latência de disponibilização das curvas e melhora a experiência do usuário.

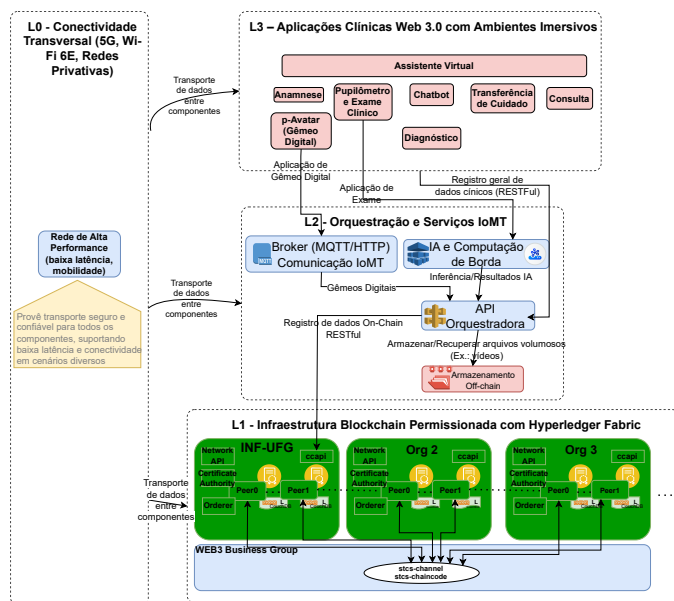


Figura 3: Arquitetura geral de aplicações clínicas distribuídas em Web 3.0. Reproduzida de [1]. Licença: CC BY-NC 4.0.

Como ilustra a Figura 3, a solução organiza-se em camadas: L1 (blockchain permissionada) com Hyperledger Fabric, chaincode (stcs-chaincode) e state DB em CouchDB para ativos clínicos (Exam, Diagnosis, DigitalTwin, Consent); L2 (orquestração e serviços IoMT) com broker MQTT/HTTP, inferência de IA em borda, API orquestradora (REST) e armazenamento off-chain (MinIO), onde ficam vídeos/curvas com verificação por hash; L3 (aplicações clínicas Web 3.0/imersivas) para anamnese, exame, diagnóstico, transferência do cuidado e consulta; e uma camada transversal de conectividade (5G/Wi-Fi 6E). Os consentimentos e eventos críticos ficam *on-chain* para trilha auditável, enquanto artefatos volumosos permanecem *off-chain*; os gêmeos digitais e os clientes XR consomem os dados via REST, sustentando colaboração e acessibilidade para pessoas surdas, conforme detalhado em [1].

3.2 Caso 2: dAurora - Uma Ferramenta para Confiança Digital e Checagem de Fatos

A disseminação de conteúdo falso é um fenômeno presente no uso das redes sociais. Recentemente, tem se acentuado a percepção de atos delituosos gerados a partir do uso de técnicas de *DeepFake* [10, 11], em que vídeos são sintetizados com áudio, imagem, vídeo e/ou voz similares aos de pessoas naturais, podendo elevar a disseminação de conteúdo falso a um patamar ainda mais preocupante.

O processo de combate à desinformação envolve várias etapas. A mais essencial delas é a checagem de fatos. Nesse processo, os

chamados ‘checadores de fatos’ (ou *fact-checkers*) são especialistas associados(as) a Agências de Checagens de Fatos (geralmente vinculadas a entidades jornalísticas), que realizam a verificação de postagens e entregam os resultados, que são divulgados por portais conhecidos da população, tais como Fato ou Fake². No campo de aplicação, ainda que as técnicas de IA atinjam alta acurácia neste tipo de atividade, os resultados dão margem para uma taxa de erro que pode comprometer o nível de confiança, uma vez que rotulação de falsos positivos podem ser interpretados como cerceamento da liberdade de expressão.

Nesse sentido, o envolvimento do ser humano no processo (*human-in-the-loop*) de perícia de desinformação permite aumentar o nível de elucidação das checagens, além de tornar o aprendizado das IAs ativo. No entanto, este processo de avaliação costuma ser feito por poucos peritos e pode ser extremamente moroso, visto que o levantamento de evidências que comprovem que a postagem sendo analisada é falsa pode levar até uma semana. Tal prazo é inviável num contexto em que a disseminação de desinformação pode manipular a opinião em massa, por exemplo, às vésperas de uma eleição. Numa situação dessas, divulgar depois de uma semana que um conteúdo é falso torna-se inócuo.

Em meio aos desafios que se ampliam para buscar recursos e ferramentas que permitam avaliar o nível de veracidade de informação de forma célere e segura, o projeto que ora foi desenvolvido é fruto de uma parceria entre a ANATEL e UFG. O protótipo funcional é baseado no uso de IA e blockchain para fornecer parâmetros que subsidiem a identificação, checagem e classificação de *fake news* e que sirvam de insumo para ações subsequentes por parte de outras entidades (em particular do judiciário) para conter a disseminação da desinformação, permitindo, assim, a avaliação do potencial tecnológico para oferecer respostas efetivas ao problema.

Com isso, o protótipo dApp para detecção e contenção de *fake news* foi concebido sob a alcunha de **dAurora**. Trata-se de uma ferramenta alimentada por IA e baseada em tecnologias de registro distribuído para criar uma plataforma descentralizada de checagem semi-automática, que apoia e fortalece o trabalho dos checadores de fatos, permitindo-lhes atuar com mais eficiência, segurança e transparência. Alguns trabalhos já relataram resultados referentes à sua construção [4, 7–9]. A Figura 4 mostra uma das telas do protótipo desenvolvido. Nela, um perfil administrador consegue ver postagens que já foram avaliadas pela IA, o escore de desinformação apurado pela IA (um valor entre 0 e 1; quanto maior o valor, maior o potencial de ser desinformação) e se checadores já atuaram na apuração daquela postagem ou não. O protótipo oferece aos checadores ferramentas de IA para subsidiar sua análise, além de possibilitar reunir outras evidências para emitir o parecer sobre o conteúdo avaliado. Com isso, toda a sociedade se beneficia, e os efeitos nocivos da desinformação podem ser minimizados.

Cabe ainda salientar que o projeto dAurora tem como premissa ser autosustentado, na medida que sociedade perceba valor no que está sendo entregue, possa estimular investidores que depositem fundos na plataforma. Como recompensa, os investidores receberão *tokens* dAurora e terão direito a voto nas decisões da organização. Além disso, espera-se que dAurora funcione como uma DAO

²<https://g1.globo.com/fato-ou-fake/>

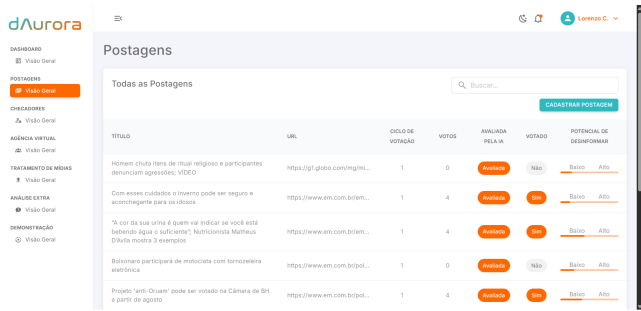


Figura 4: Screenshot da tela do dAurora.

(Decentralized Autonomous Organization), com sua governança inscrita em contratos inteligentes e mudanças sendo decididas pelos investidores.

4 DISCUSSÃO DO IMPACTO SOCIAL

Para o desenvolvimento dos dois *cases* apresentados neste manuscrito, o projeto buscou elucidar os eixos temáticos que são impactados com a Web 3.0: Legal/Regulatório, Social/Consumerista, Segurança Cibernética/Privacidade, Técnico/Redes, e Econômico/Competição. Isto significa que, para além dos construtos técnicos apresentados aqui, cada um deles (i) se insere em um modelo de negócio maior, (ii) possui potencial para desdobramentos jurídicos e regulatórios, (iii) possui alto potencial de impacto econômico e social. A edificação dos eixos envolveu uma equipe multidisciplinar que desenvolveu estudos exploratórios envolvendo áreas de Economia, Direito, Jornalismo, Ciências Sociais e Computação. O uso das tecnologias desenvolvidas na aplicação dHigeia, por sua vez, podem ensejar também a criação de novos marcos regulatórios para sua aprovação e uso, ou mesmo de políticas e autorizações sanitárias.

Ademais, em concordância com a literatura [5], vislumbramos que o projeto dAurora tem ainda potencial para apoio aos processos de Letramento Digital e Educação Midiática. A desinformação é disseminada, essencialmente, nas mídias digitais. A disseminação é mais efetiva devido à falta de letramento por grande parte da população, que não detém subsídios para reconhecer as características típicas de desinformação nos conteúdos que recebem. Desta feita, o letramento digital e a educação midiática podem ser vistas como ações que auxiliam no processo de aprendizado nesses espaços, potencialmente reduzindo o impacto de seu espalhamento. O dAurora pode ser uma ferramenta, no futuro, para auxiliar neste processo; no caso de suspeição sobre a veracidade de algo sendo propagado, um serviço poderá ser disponibilizado à população para consulta instantânea à IA, entregando o potencial de desinformação daquela postagem. Além disso, o dAurora entrega o resultado com trechos de explicabilidade, mostrando por que a suspeição de falsidade foi levantada quanto àquela postagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os produtos derivados do projeto de pesquisa desenvolvido entre a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e a Universidade Federal de Goiás (UFG). O projeto apoia-se

nas tecnologias habilitadoras da Web 3.0 para a construção dos produtos dHigeia e dAurora. O primeiro permite gerar ferramentas para assistência à saúde que permite atendimento remoto que vai desde a anamnese, passando por consulta e exames oftalmológicos no metaverso com intérprete de libras, gêmeos digitais, blockchain, IA e redes 5.0, até o encaminhamento para tratamentos mais específicos. O segundo permite apuração de postagens suspeitas usando blockchain, tokenização e IA para apoio no combate à desinformação.

As tecnologias habilitadoras da Web 3.0 foram essenciais para o desenvolvimento desses produtos. Com isso, foi possível demonstrar o potencial de aplicação real e o impacto social gerado. Espera-se que os resultados auferidos nesse projeto permitam evoluir a maturidade tecnológica com capilaridade para impactar positivamente a sociedade brasileira nos próximos anos, e em particular no próximo (2026), uma vez que se aproximam as eleições presidenciais brasileiras.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) por cofinanciarem projetos que se utilizam de tecnologias Web 3.0; e à Universidade Federal de Goiás (UFG) por ceder os recursos que viabilizaram seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- [1] Matheus Honório da Silva, Eliomar de Lima, Fábio Costa, Sergio Carvalho, and Valdemar Graciano-Neto. 2025. Arquitetura de Blockchain Permissionada para Aplicações Web 3.0: Caso de Uso na Transferência do Cuidado em Saúde. In *Anais do VIII Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e Aplicações* (Natal/RN). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 168–181. <https://doi.org/10.5753/wblockchain.2025.9508>
- [2] Eliomar Araújo de Lima et al. 2022. *Projeto Web 3.0 - Avaliação de Impacto da Web 3.0: Descentralizada, Imersiva, Semântica, Centrada no Usuário e Conectada com o Mundo Ciberfísico; Relatório Técnico - Fake News - Etapa 1 - Relatório 1 - PoC dApp*. Technical Report 02-2022. Universidade Federal de Goiás. TechReport In Portuguese (Under Development) Restricted Access.
- [3] Aishik Ghosh, Vikas Hassija, Vinay Chamola, Abdulmotaleb El Saddik, et al. 2024. A Survey on Decentralized Metaverse using Blockchain and Web 3.0 technologies, Applications, and more. *IEEE Access* (2024).
- [4] Juliana Gomes, Valdemar Neto, Jacson Barbosa, and Eliomar de Lima. 2023. A Rapid Tertiary Review at the Fake News Domain. In *Anais da XI ERI-GO-SBC*, Goiânia/GO. <https://doi.org/10.5753/erigo.2023.237391>
- [5] Jim Hendler. 2009. Web 3.0 Emerging. *Computer* 42, 1 (2009), 111–113.
- [6] Ora Lassila and James Hendler. 2007. Embracing "Web 3.0". *IEEE Internet computing* 11, 3 (2007), 90–93.
- [7] Valdemar Graciano Neto, Jacson Barbosa, Eliomar Lima, Sérgio Carvalho, and Samuel Venzi. 2024. A Blockchain-based and AI-Endorsed Mechanism to Support Social Networks on Fake News Containment. In *Anais do XIII Brasnam*. SBC, Brasília/DF, 207–213.
- [8] Valdemar Vicente Graciano Neto, Jacson Rodrigues Barbosa, Eliomar Araújo de Lima, Luiza Cintra, Samuel Venzi, and Mohamad Kassab. 2024. Establishing a Blockchain-based Architecture for Fake News Detection. In *Proc. of the 18th SBCARS*, Vinicius Cardoso Garcia (Ed.). SBC, 91–100. <https://doi.org/10.5753/SBCARS.2024.3899>
- [9] Valdemar Vicente Graciano Neto, Luiza Cintra, Pedro Damacena, Acquila Rocha, Vinicius Borges, Jacson Barbosa, and Eliomar Lima. 2024. Avaliando um Mecanismo de Consenso no Processo de Perícia de Desinformação através de Simulação. In *Anais do VI Workshop em Modelagem e Simulação de Sistemas Intensivos em Software* (Curitiba/PR). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 1–10. <https://doi.org/10.5753/mssis.2024.3668>
- [10] Mika Westerlund. 2019. The emergence of deepfake technology: A review. *Technology innovation management review* 9, 11 (2019).
- [11] Peipeng Yu, Zhihua Xia, Jianwei Fei, and Yujiang Lu. 2021. A survey on deepfake video detection. *Iet Biometrics* 10, 6 (2021), 607–624.