



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2022

Implementação de Ambiente de Emulação em Névoa com Suporte a Blockchain

Allan Capistrano de Santana Santos¹; Antonio Augusto Teixeira Ribeiro Coutinho²; Antonio Crispim Amorim Neto³ e Uellington da Conceição Damasceno⁴

1. Bolsista PROBIC, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: asantos@ecomp.uefs.br
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: augusto@ecomp.uefs.br
3. Participante do projeto, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: aamorim@ecomp.uefs.br
4. Participante do projeto, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: udamasceno@ecomp.uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Internet das Coisas; Computação em névoa; Blockchain.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico promovido pela Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT) (Gubbi et al., 2013) está firmado na comunicação ubíqua e inteligente entre diferentes dispositivos e sistemas através da Internet. Atualmente, o modelo de Computação em Nuvem (*Cloud Computing*) (Aazam et al., 2014) se tornou padrão em IoT por oferecer uma infraestrutura de suporte com alta capacidade de processamento e armazenamento, além de permitir o acesso global aos dados produzidos pelos dispositivos. Entretanto, devido a restrições de largura de banda, alta latência e mobilidade, abordagens como a Computação em Névoa (*Fog Computing*) (Bonomi et al., 2014) e a computação em borda (*Edge Computing*) (Coutinho et al., 2016) vem sendo propostas para contornar as limitações e melhorar o desempenho dos sistemas centralizados de nuvem.

Outro aspecto importante diz respeito a segurança das aplicações e ao compartilhamento de dados. A utilização de tecnologias de livro razão distribuído (*Distributed Ledger Technologies*, DLT) como blockchain (Greve et al., 2019) vem se destacando como uma solução sem autoridade central, protegida por criptografia e governada por um mecanismo de consenso que emprega operações matemáticas para verificação/aprovação de transações entre nós desconhecidos na rede.

Realizar a integração entre tecnologias de névoa/borda e blockchain não é uma tarefa fácil, onde um dos problemas é a falta de ferramentas de prototipagem que facilitem o desenvolvimento de aplicações IoT seguindo o modelo névoa-blockchain. Este trabalho teve como objetivo a concepção de uma arquitetura de emulação que permitisse a prototipagem rápida de soluções IoT oferecendo suporte a computação em névoa/borda e a tecnologia blockchain. Como resultado, o ambiente emulado permitiu a avaliação e o teste de aplicações em névoa/borda que fazem uso da blockchain em um estudo de caso sobre balanceamento de carga de dispositivos IoT virtuais na borda da rede.

METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, inicialmente foram realizadas pesquisas e revisões bibliográficas a respeito dos conceitos sobre DLT e blockchain. As pesquisas se voltaram para a DTL *Tangle* (Popov, 2018), a tecnologia por trás da criptomoeda IOTA¹. Segundo (Popov & Lu, 2019), a IOTA permite desenvolver uma infraestrutura simples, gratuita, escalável e leve o suficiente para ser integrada a dispositivos e dados da IoT.

Posteriormente, foram realizados estudos sobre a plataforma SOFT-IoT (Prazeres & Serrano, 2016), empregada neste trabalho para implementar uma arquitetura hierárquica em névoa/edge com blockchain. Em paralelo, foram especificados protocolos baseados na tecnologia blockchain que pudessem tirar proveito da computação em névoa/borda para melhorar a segurança e o desempenho das aplicações IoT.

A fim de avaliar os protocolos propostos, foi desenvolvido, como estudo de caso, um sistema de monitoramento de saúde distribuído em névoa/borda. A arquitetura dos serviços segue o padrão usado na plataforma SOFT-IoT e são estruturados em diferentes módulos com funções independentes chamados *bundles* (Prazeres et al., 2017). Os *bundles* são executados em um barramento de serviço nos *gateways*, e que se comunicam com dispositivos seguindo o modelo FoT (Prazeres et al., 2017). No estudo de caso, foram implementados *bundles* responsáveis pelo monitoramento da saúde dos usuários, pela identidade dos dispositivos e pela realização do balanceamento de carga entre *gateways*.

Por fim, foram configurados e executados experimentos sobre o estudo de caso proposto em um ambiente virtual no Laboratório de Redes e Sistemas Distribuídos (LARSID) do DTEC/UEFS. A finalidade dos experimentos foi validar a prototipagem rápida de protocolos, serviços e aplicações IoT em névoa/borda com blockchain. Para o objetivo dessa pesquisa, os *gateways* FoT e dispositivos da arquitetura foram emulados como contêineres Docker², usando dados de sensores simulados durante sua execução.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento do estudo de caso envolveu no primeiro momento a implementação do *bundle soft-iot-dlt-fog-broker*, que realiza o cálculo *Top-K* (Madrid & Rusnok, 2019) sobre escores de saúde fornecidos pelos dispositivos conectados a um *gateway* ou em *gateways* inferiores dentro de uma hierárquica em névoa.

A Figura 1 mostra os *bundles* implementados no estudo de caso como extensões na arquitetura SOFT-IoT e que fazem uso de DLT/blockchain. Sua função é permitir a interação confiável entre clientes, *gateways* e dispositivos FoT, além do gerenciamento de recursos na borda da rede de forma segura, escalável e extensível.

No desenvolvimento do serviço de credenciamento/gerenciamento de identidades foram implementados os *bundles soft-iot-dlt-auth* e *soft-iot-dlt-id-manager*, e para o balanceamento de carga foram implementados os *bundles soft-iot-dlt-load-monitor* e *soft-iot-dlt-load-balancer*. O algoritmo do *bundle* de balanceamento de carga emprega uma abordagem descentralizada, onde não existe um ator indispensável que conhece todos os *gateways* FoT e seus respectivos estados. O protocolo de comunicação usado no balanceamento é estabelecido entre os *gateways* FoT através de mensagens inseridas em

¹ <https://www.iota.org/>

² <https://www.docker.com/resources/what-container/>

transações gravadas (escrita) na DLT/blockchain. No *bundle soft-iot-dlt-client* são encapsuladas as primitivas de comunicação (operações de escrita, leitura, etc.) entre os *bundles* do *gateway* FoT e a rede Tangle. Dessa forma, é possível usar diferentes DLTs para implementar funcionalidades seguindo o modelo névoa-blockchain.

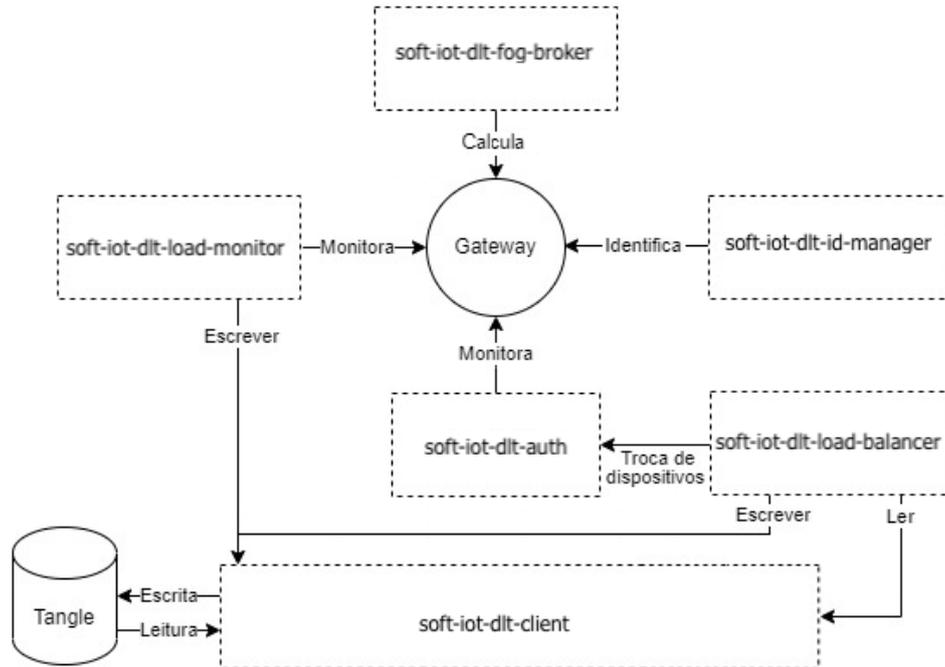


Figura 1: Comunicação entre os *bundles* do *gateway* FoT.

Durante os experimentos sobre o balanceamento de dispositivos entre *gateways* FoT foi criado um ambiente virtual de rede com quatro máquinas virtuais (VM) possuindo processador Intel (R) Core (TM) i7 1.30GHz e sistema operacional Linux, sendo três máquinas para execução de *gateways* FoT e uma máquina para execução da instância DLT Tangle. A Figura 2 ilustra o comportamento do algoritmo em um cenário onde os *gateways* FoT recebem uma carga inicial e os dispositivos virtuais se conectam de maneira aleatória aos *gateways* FoT. No experimento, os *gateways* A e B são sobrecarregados abruptamente, e logo depois o *gateway* C recebe as transações da Tangle e inicia o processo de balanceamento com ambos os *gateways*. Fica demonstrado no gráfico que a carga do *gateway* C cresce enquanto a carga dos outros diminuem até que todos estejam abaixo do limite de dispositivos que um *gateway* FoT consegue gerenciar.

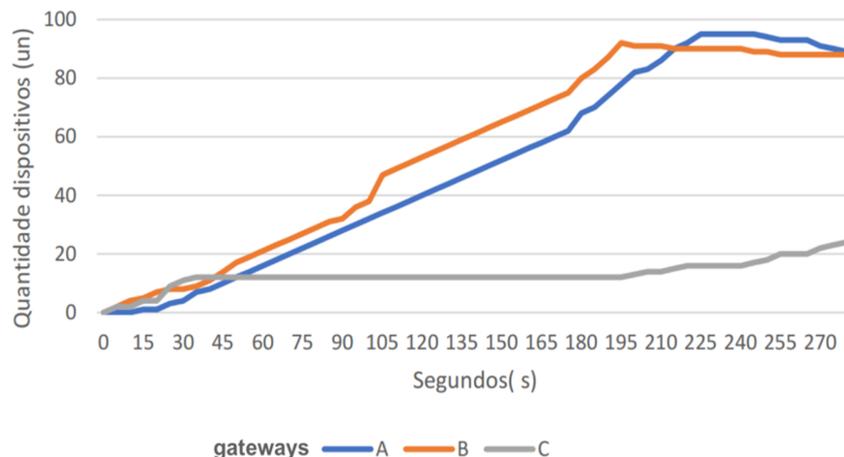


Figura 2: Comportamento do algoritmo de balanceamento de carga.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do estudo foi validar a prototipagem rápida de protocolos, aplicações e serviços IoT em névoa/borda com blockchain. O resultado foi a implementação de um estudo de caso com a arquitetura SOFT- IoT emulada na rede do LARSID, e que envolveu o desenvolvimento de componentes que fazem uso da blockchain para oferecer serviços em névoa e borda. Diferente de implementações convencionais o trabalho proposto trouxe um algoritmo de balanceamento totalmente descentralizado e sem a presença de uma entidade controladora. Isso proporcionou autonomia dos gateways FoT em relação ao gerenciamento de seus recursos e eficiência na execução do balanceamento. Em trabalhos futuros, o considerável volume de dados que a blockchain armazena pode fomentar o desenvolvimento aplicações com métodos sofisticados como inteligência artificial, tornando o gerenciamento da rede mais robusto e adaptável.

REFERÊNCIAS

- GUBBI, J. et al. 2013. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, v. 29, n. 7, p. 1645-1660.
- AAZAM, M. et al. 2014. Cloud of Things: Integrating Internet of Things and cloud computing and the issues involved. In: *Proceedings of 2014 11th International Bhurban Conference on Applied Sciences & Technology (IBCAST) Islamabad, Pakistan, 14th-18th January, 2014*. IEEE, p. 414-419.
- BONOMI, F. et al. 2014. Fog computing: A platform for internet of things and analytics. In: *Big data and internet of things: A roadmap for smart environments*. Springer, Cham, p. 169-186.
- COUTINHO, A.; CARNEIRO, E. O.; GREVE, F. G. P., *Computação em Névoa: Conceitos, Aplicações e Desafios*. In: *XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2016, Salvador*. Livro de Minicursos: XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos. Porto Alegre: SBC, 2016. p. 278-327.
- GREVE, F. G. et al. (2018). Blockchain e a Revolução do Consenso sob Demanda. *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC)-Minicursos*.
- POPOV, S. 2018. The tangle. *White paper*, v. 1, n. 3.
- POPOV, S.; LU, Q. 2019. IOTA: feeless and free. *IEEE Blockchain Technical Briefs*.
- PRAZERES, C.; SERRANO, M. 2016. Soft-iot: Self-organizing fog of things. In: *2016 30th international conference on advanced information networking and applications workshops (WAINA)*. IEEE, p. 803-808.
- PRAZERES, C. et al. 2017. Design and implementation of a message-service oriented middleware for fog of things platforms. In: *Proceedings of the Symposium on Applied Computing*. p. 1814-1819.
- MADRID, N.; RUSNOK, P. 2019. A Top-K Retrieval algorithm based on a decomposition of ranking functions. *Information Sciences*, v. 474, p. 136-153.