

Monitoramento de Recursos em Ambiente de Computação em Névoa

Victor H. C. Oliveira¹, William X. dos Santos¹, Breno Costa¹, João Bachiega Jr.¹, Aleteia Araujo¹

¹Departamento de Ciência da Computação, Universidade de Brasília (UnB), Brasil

victoroliveira89@live.com, wilxavier@me.com, brenogscosta@gmail.com,
joao.bachiega.jr@gmail.com, aleteia@unb.br

Abstract. *Fog Computing emerged to meet the demand for computing resources closer to end users, thus complementing Cloud Computing. As it is an emerging paradigm, there are several open questions and challenges to be overcome; among them, monitoring, which aims to collect information, and keep it up to date, about the current state of computing resources, while supporting the management processes of Fog Computing. This work proposes to present tests that show the importance of Fog Computing in the delivery of services that demand low latency, demonstrating, in an objective way, the inadequacy of the use of Cloud Computing in this context.*

Resumo. *A computação em névoa surgiu para atender à demanda por recursos computacionais mais próximos dos usuários finais, complementando assim a Computação em Nuvem. Por ser um paradigma emergente, existem várias questões em aberto, e desafios a serem superados; entre eles, o monitoramento, que objetiva coletar e manter atualizadas as informações do estado atual dos recursos computacionais e, ao mesmo tempo, dar suporte aos processos de gerenciamento da Computação em Névoa. Assim, este trabalho se propõe a apresentar testes que evidenciam a importância da Computação em Névoa na entrega de serviços que demandam baixa latência demonstrando, de maneira objetiva, a inadequação do uso da Computação em Nuvem neste contexto.*

1 Introdução

A Cloud Computing, (Computação em Nuvem) refere-se aos recursos e sistemas computacionais disponíveis sob demanda via Internet, que podem fornecer diversos serviços integrados de computação sem se restringir a recursos locais [Al-Malah et al., 2019]. Edge Computing (Computação na Borda) difere da Computação em Nuvem, pois o processamento computacional acontece na borda da rede, ou seja, nos próprios dispositivos utilizados pelos usuários ou em dispositivos que estão a apenas um salto daqueles, viabilizando a execução de tarefas que demandam baixa latência, como serviços em tempo real. Todavia, computação na borda da rede tem algumas limitações, como por exemplo: a baixa capacidade de processamento dos dispositivos. Assim sendo, agindo no intermédio dos dois paradigmas e, ao mesmo tempo, com o intuito de promover uma arquitetura descentralizada e, também, criar um gerenciamento inteligente dos recursos e aplicações entre a borda da rede e a nuvem, surgiu a Fog Computing (Computação em Névoa). Este paradigma move-se conectando centros de dados da nuvem aos usuários na borda da rede [Morais, 2020].

Dessa forma, o gerenciamento de recursos e serviços na Computação em Névoa apoia-se em informações atualizadas do estado e da disponibilidade dos dispositivos que a compõem. O monitoramento dos dispositivos é de fundamental importância nesse processo e, além disso, a base para que outros processos de gerenciamento sejam implementados.

Diante do exposto, este trabalho se propõe a apresentar evidências da importância da computação em névoa na entrega de serviços que demandam baixa latência, demonstrando a inadequação do uso da Computação em Nuvem neste contexto. Um ambiente de teste será criado com um framework que o monitora, e fornece as informações necessárias ao gerenciamento adequado da plataforma.

Para isto, este artigo está estruturado, além desta seção, em mais quatro seções. A Seção 2 apresenta uma visão geral sobre o paradigma de Computação em Névoa. A Seção

3 destaca alguns trabalhos relacionados. Em seguida, a Seção 4 apresenta os resultados iniciais obtidos neste trabalho. Por último, a Seção 5 traz as conclusões e alguns trabalhos futuros.

2 Computação em Névoa

A Computação em Névoa é um paradigma de computação emergente, descentralizado, que se encarrega do gerenciamento dos recursos, sejam eles computacionais, de armazenamento ou de rede, conectando-os aos centros de dados da Nuvem e aos usuários na borda da rede [Morais, 2020]. A computação em névoa cria um cenário favorável para um aprimoramento do poder de computação entre a nuvem e a borda da rede, possibilitando maior velocidade de transmissão, processamento e análise de dados, reduzindo o fluxo de dados enviados para nuvem e melhorando o tempo de resposta de aplicativos na borda.

Na definição apresentada por Dastjerdi et al. [Dastjerdi et al., 2016], a Computação em Névoa é considerada um paradigma de computação distribuída. Neste paradigma, os serviços fornecidos pela nuvem são essencialmente estendidos até a borda da rede. A computação em névoa atende aos requisitos de aplicativos que precisam de baixa latência com uma distribuição geográfica enorme e densa. Devido a isso, a Computação em Névoa suporta recursos de computação, diferentes protocolos de comunicação, mobilidade, heterogeneidade de interface, integração com a Nuvem e análise de dados distribuídos.

Para Naha et al. [Naha et al., 2018], a Computação em Névoa é uma plataforma distribuída na qual a borda (dispositivos finais) que podem ser virtualizados ou não, farão a maior parte do processamento. Ela reside entre a Nuvem e os usuários. A Nuvem fará o armazenamento a longo prazo e o processamento não dependente da latência. Ometov et al. [24] diferenciam Computação em Névoa de Computação em Borda, considerando que a implantação de sistemas de computação em névoa é um pouco semelhante ao de borda, porém mais voltado a aplicativos que exigem maior poder de processamento e ainda estão mais próximos do usuário. Isso explica por que os dispositivos pertencentes ao Fog são heterogêneos, levantando a questão da capacidade da computação Fog de superar os paradigmas recém-criados de gerenciamento de recursos e resolução de problemas nessa configuração heterogênea. Portanto, a investigação de áreas relacionadas, como simulações, gerenciamento de recursos, questões de implantação, serviços e tolerância a falhas são requisitos muito simples.

Considerando todos os conceitos apresentados, este trabalho considera a seguinte definição: A Computação em Névoa é uma arquitetura distribuída que utiliza os recursos computacionais de dispositivos localizados entre os usuários finais e a Nuvem para otimizar o processamento e reduzir o tempo de resposta dos aplicativos, atendendo, dessa forma, a demandas que até agora não eram possíveis de serem atingidas.

O advento da Internet das Coisas (IoT) leva a uma presença crescente de computação em dispositivos que detectam o ambiente, realizam cálculos, operações matemáticas e trabalha autonomamente ou coopera com outros dispositivos, além de serem enriquecidos com conectividade com a Internet. No entanto, quando as fontes de dados estão distribuídas em vários locais, a baixa latência é indispensável no processamento de dados em Nuvem e o modelo mencionado acima não é suficiente. Para suportar a demanda computacional de tempo real, aplicações sensíveis à latência que são embarcados em dispositivos amplamente distribuídos geograficamente, um novo paradigma de computação chamado Computação de Névoa foi introduzido. Este modelo de computação reside mais perto dos dispositivos e é uma extensão da base da Computação em Nuvem. Por se tratar de um modelo de computação bastante recente, a computação em névoa ainda exige de pesquisadores e profissionais, avanços nas pesquisas de diversos temas tais como: modelos de programação, segurança, confiabilidade, gerenciamento e otimização de recursos computacionais.

O provisionamento de recursos é relevante em diversas áreas de pesquisa porque objetiva a utilização otimizada dos recursos computacionais disponíveis, buscando fornecer, de maneira adequada, os recursos computacionais para que o serviço ou aplicação possa atingir metas de desempenho e de qualidade de serviço definidas. Especificamente para a computação em névoa, o provisionamento de recursos é ainda mais desafiador, uma vez que os recursos computacionais, geralmente, são mais heterogêneos, possuem menor capacidade computacional e, ainda, têm grande mobilidade. Diante do exposto, surge um problema de pesquisa que é definir qual deve ser a estratégia de provisionamento de recursos a ser utilizada na computação em névoa, a fim de que sejam garantidos os requisitos de qualidade de serviço, incluindo disponibilidade, tempo de execução e latência.

3 Trabalhos Relacionados

Pires, Simão & Veiga [Pires et al., 2021] propuseram um orquestrador de contêineres *Docker* chamado Caravela que utiliza recursos de dispositivos na borda da rede e implementa uma arquitetura descentralizada, escalonada em grandes quantidades de dispositivos, com descoberta de recursos e execução de algoritmo nativo.

Para Santos et al., um dos principais desafios da computação em névoa é fornecer de forma eficaz o provisionamento adequado de recursos, de modo a reduzir gastos com alocação e maximizar a eficiência energética com baixa latência. O artigo propõe como solução o Serviço de Descoberta de Recurso baseado em Tabelas de Hash Distribuídas (DHT, da sigla em inglês) ponto a ponto (P2P, da sigla em inglês), o que proporcionaria funcionalidade automatizada de descoberta de recursos e troca de informações de alocações de recursos entre as camadas de Névoa e de Nuvem de maneira flexível, com excelentes resultados.

Usualmente a solicitação de recursos computacionais dentro da Computação em Névoa não leva em conta a disponibilidade de recursos dos nós, sobrecarregando os outros nós que não podem atender tais solicitações. É proposto como solução, um esquema de descoberta de recursos sobre Named Data Networking (NDN), em que cada nó de execução distribui dados relacionados a sua disponibilidade de recursos entre seus nós vizinhos por meio de scoped-flooding, tornando mais eficaz as solicitações de recursos e respeitando a baixa latência.

Diferente dos estudos citados, este trabalho propõe um framework de monitoramento de recursos em Computação em Névoa que viabiliza a coleta e a exposição dos dados e, ao mesmo tempo, pode ser utilizado para a tomada de decisão referente ao gerenciamento de recursos computacionais na Névoa. O framework será executado em um ambiente de testes real, conforme descrito na próxima seção.

4 Métodos e Resultados

Para os testes foi montada uma arquitetura em 3 camadas: Borda, Névoa e Nuvem, como descrito na Seção 1. Na camada da borda da rede, um dispositivo fará as requisições de serviço. Para isso, foi utilizado um computador Intel Core i5 1.9GHz dual Core, 8GB de RAM. Na camada da névoa, foi disponibilizado um dispositivo Raspberry Pi 4 Quad-Core de 1,5 GHz, 4GB de RAM, armazenamento de 64GB, conexões Ethernet Gigabit e Wi-Fi dual-band 802.11ac/n. O Sistema Operacional utilizado é o Ubuntu Server 22.04 LTS.

Na camada de nuvem foram disponibilizadas, no Google Cloud, duas máquinas virtuais com as seguintes configurações: Intel Broadwell, 10GB de RAM, Conexão de rede virtual Ethernet Gigabit e debian-11 como Sistema Operacional. Essa arquitetura pode ser visualizada na Figura 1.

Na camada de névoa foi instalado um ambiente de virtualização que permite a execução de aplicações nos nós. Para a execução de aplicações foi instalado o Docker, ferramenta de código aberto que permite a instalação de contêineres, ambientes de

virtualização mais leves que as máquinas virtuais e, portanto, mais adequados ao uso na computação em névoa, devido às limitações de recursos de seus nós.

Assim, usando o Docker foi instalado o Raspberry PI monitor que contém ferramentas que implementam um serviço de monitoramento de recursos: Prometheus, Grafana, cAdvisor e NodeExporter, que se integram para coletar métricas de desempenho e disponibilidade dos nós no que tange à latência de rede, percentual livre de CPU, entre outros. Cada ferramenta executa um determinado tipo de ação.

O Prometheus solicita as informações dos valores das métricas coletadas, e as armazena e disponibiliza para outros serviços e processos. O cAdvisor coleta as métricas relativas aos contêineres em execução no ambiente Docker. O NodeExporter faz a coleta de informações relacionadas ao hardware do nó de Névoa em que ele está executando.

O Grafana é o visualizador dos dados disponibilizados pelo Prometheus. O ambiente de virtualização do nó na névoa, assim como as ferramentas instaladas podem ser visualizadas na Figura 2. Um gráfico gerado pelo Grafana mostrando o tempo real das métricas coletadas pode ser visualizado na Figura 3.

Para demonstrar como a Computação em Névoa viabiliza casos de uso em tempo real, a latência de rede entre o dispositivo na borda e o nó de Névoa foi medida. Posteriormente, fez-se medições similares para as duas máquinas virtuais disponíveis na camada de nuvem. Além disso, foram realizadas dez medições em cada cenário e calculada a média aritmética entre elas. Esses dados são apresentados na Tabela 1. Os resultados mostram que a latência média da comunicação entre o usuário na borda da rede e o nó da Névoa foi muitas vezes menor do que a mesma comunicação realizada com as máquinas virtuais na nuvem. Além disso, foram utilizados dois centros de dados da nuvem Google. O primeiro localizado nos Estados Unidos da América e o segundo no Brasil para demonstrar que a localização física pode ter relação com a latência de rede, mas que ambas as médias estão em patamar muito superior ao que foi medido na névoa.

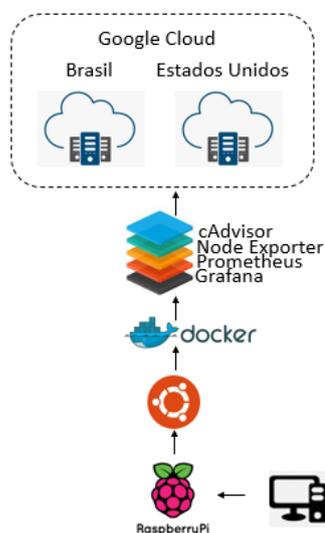


Figura 1 – Arquitetura de três camadas: borda, névoa e nuvem.

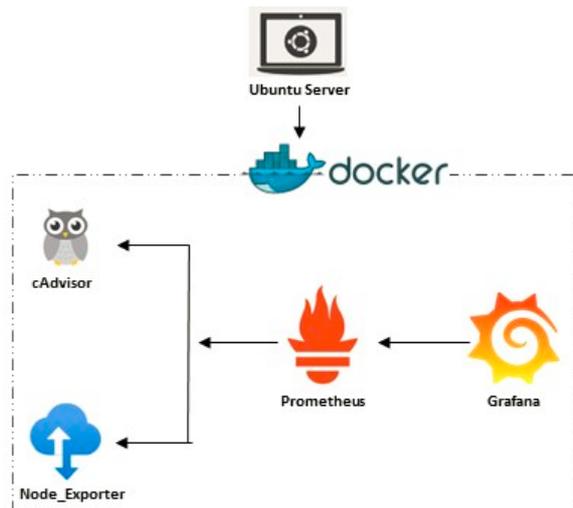


Figura 2 – Ambiente de virtualização do nó na névoa.

Tabela 1 - Latência média.

Host	Camadas	Latência
Notebook – Raspberry Pi 4	Edge – Fog	<1ms
Notebook – VM Nuvem	Edge – Cloud Brasil	23ms
Notebook – VM Nuvem	Edge – Cloud EUA	339ms



Figura 3 - Tráfego de dados recebidos por Container.

5. Conclusão

O trabalho descreveu a computação em névoa e como ela se diferencia da computação em nuvem, sendo mais adequada para a viabilização de serviços de tempo real, em que se exige baixa latência das comunicações entre os usuários na borda da rede e os serviços que precisam consumir. Para evidenciar as características da Névoa, um ambiente de testes foi criado e foi instalado um framework de monitoramento de recursos no nó da Névoa. Os resultados iniciais mostraram uma latência muitas vezes menor nas comunicações entre o usuário e um nó da Névoa em comparação com a comunicação realizada com os nós da Nuvem. Como trabalho futuro, o ambiente de testes será acrescido de mais dispositivos em cada camada e deverá lidar com um maior volume de dados. Os dados coletados pelo serviço de monitoramento serão utilizados por processos de gerenciamento de recursos, demonstrando a relevante integração entre os processos.

Referências

- Al-Malah, D. K. A. R., Aljazaery, I. A., Alrikabi, H. T. S., & Mutar, H. A. (2021, February). Cloud computing and its impact on online education. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1094, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
- Morais, L (2020). Fog Computing – O Futuro da Cloud. Universidade Federal de Pernambuco.
- Dastjerdi, A. V., Gupta, H., Calheiros, R. N., Ghosh, S. K., and Buyya, R. (2016). Fog Computing: Principles, architectures, and applications. *Internet of Things: Principles and Paradigms*, pages 61–75.
- Naha, R. K., Garg, S., Georgakopoulos, D., Jayaraman, P. P., Gao, L., Xiang, Y., and Ranjan, R. (2018). Fog computing: Survey of trends, architectures, requirements, and research directions. *IEEE Access*, 6:47980–48009.
- Pires, A., Simão, J., & Veiga, L. (2021). Distributed and decentralized orchestration of containers on edge clouds. *Journal of Grid Computing*, 19(3), 1-20.
- Santos, J., Wauters, T., Volckaert, B., & De Turck, F. (2018). Towards dynamic fog resource provisioning for smart city applications. In *2018 14th International Conference on Network and Service Management (CNSM)* (pp. 290-294). IEEE.