

Método de diminuição de largura de banda e latência em ambientes IoT: caso de uso em uma sala de aula inteligente

Wendel Reinheimer¹, Marina Laisa Mota da Silva², José Victor Viriato¹, Eduardo Rafael Hirt¹, Éder Paulo Pereira¹, Ivania Aline Fischer¹, Roseclea Duarte Medina¹

¹Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

²Colégio Técnico Industrial - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Caixa Postal 5082– 97.105-900 – Santa Maria – RS – Brazil

reinheimer.wendel@gmail.com,

{msilva,jvviriato,ehirt,epereira,ifischer,rose}@inf.ufsm.br

Abstract. *The advent of IoT has brought a new perspective to the classroom environments, transforming them into intelligent environments, highly equipped with sensors and technological devices. However, the integration of these devices with the cloud may not be satisfactory, since depending on the connection, problems regarding response time, packet loss and connection failures may occur. In order to provide a solution to these problems, this paper aims to conduct a case study with a focus on a latency and bandwidth problems in an classroom. Since, the solution proposed is the use of fog as an alternative to a cloud, with this, it is intended to obtain better results.*

Resumo. *O advento da IoT (do inglês Internet of Things) trouxe novas perspectivas para os ambientes de sala de aula, transformando-os em ambientes inteligentes, altamente equipados com sensores e dispositivos tecnológicos. No entanto, a integração desses dispositivos com a cloud pode não ser satisfatória, já que dependendo da conexão, problemas em relação ao tempo de resposta, perda de pacotes e falhas podem ocorrer. A fim de oferecer uma solução para estes problemas este artigo tem como objetivo realizar um estudo de caso, com o foco em problemas de latência e largura de banda em uma sala de aula inteligente. A solução proposta é a utilização da fog como alternativa a uma cloud, com isso, pretende-se obter melhores resultados.*

1. Introdução

A Internet das Coisas (*Internet of Things*, ou IoT) é o paradigma de computação que permite pessoas e coisas (dispositivos de computação) conectarem-se a qualquer hora, em qualquer lugar, com qualquer coisa e qualquer um, independente do caminho de rede ou serviço [Bonomi et al. 2011]. Essa tecnologia pode ser vista como uma evolução computacional, caracterizada por um conjunto de objetos ou dispositivos físicos embarcados com sensores e atuadores, conectados por redes sem fio que se comunicam pela Internet. Desde seu surgimento, a IoT é amplamente utilizada nos mais diversos setores da indústria e no meio acadêmico.

Uma das necessidades da IoT é de estar conectada com diversos dispositivos independente da localização geográfica. Nesse contexto que surge a necessidade do uso da *Cloud Computing*, que refere-se à utilização de memória e capacidade de

armazenamento e máquinas compartilhadas, conectados através da internet sendo que sensores e atuadores têm pouco poder para isso [Patidar et al. 2011].

Porém, somente o uso da *Cloud* pode não ser o suficiente, alguns desafios surgem da comunicação entre a *Cloud* e os dispositivos. Problemas como aplicações que necessitam de respostas em tempo real, já que certas aplicações podem ser sensíveis à latência. Para resolver esse problema, surge o conceito da *Fog Computing*, que pode ser vista como uma extensão da *Cloud* para próximo dos dispositivos finais. Ou seja, a tecnologia cria uma camada virtual, que tem a finalidade de aproximar de forma eficiente as camadas do sistema, a fim de reduzir o volume de comunicação e da carga de trabalho dos nodos da rede e o tráfego e latência da mesma [Bonomi 2011].

Considerando este contexto, este trabalho tem por objetivo solucionar os problemas, relacionados à latência e largura de banda do acesso à *Cloud*, propondo o uso da *Fog* para isso, sendo que para análise e proposta o ambiente desenvolvido é uma Sala de Aula Inteligente (*Smart Classroom*) que está em desenvolvimento mas que é chamada de SIoT, que possui diversos sensores e atuadores e conta com a tecnologia de um robô, uma plataforma de ensino que tem como foco no processo de ensino-aprendizagem dos atores envolvidos no processo.

Para apresentação desse trabalho o mesmo está organizado da seguinte maneira: a seção 2 fornece uma visão geral para compreensão dos temas abordados no trabalho, a seção 3 apresenta uma análise de trabalhos relacionados e discute prós e contras, a seção 4 apresenta a solução proposta com um caso de uso. E para finalizar a seção 5 apresenta a conclusão e perspectivas de trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

Com a pretensão de promover a compreensão dos temas abordados neste trabalho, o referencial teórico foi estruturado em quatro subseções.

2.1. Internet Of Things

A Internet das Coisas pode ser definida como uma grande infraestrutura de rede global com recursos autônomos, fundamentados em padrões e protocolos de comunicação. Através de interfaces inteligentes, os recursos (físicos e virtuais) são capazes de serem integrados como uma rede de informação [Li et al. 2014]. A IoT caracteriza a próxima geração da internet, onde os dispositivos físicos podem ser acessados e identificados por meio dela. Nesse novo paradigma todos os dispositivos, comumente chamados de “*things*” (do português, coisas) podem ser identificados virtualmente, comunicar-se entre si e, se necessário, processar dados de acordo com procedimentos predefinidos.

Em um ponto de vista similar, as *things* no contexto de IoT são constituídas por três pilares, sendo estes: i) comunicação: refere-se a capacidade de qualquer objeto se comunicar; ii) interação: através da interação criam-se redes interconectadas (com objetos, usuários finais ou outras redes); iii) identificação: possibilidade de toda *thing* ser identificada dentro da internet [Miorandi et al. 2012].

Com o crescimento exponencial de dispositivos integrados à rede, desde 2011, o número de dispositivos conectados à internet já excedeu o número de pessoas na Terra, estimando-se 24 milhões de dispositivos até 2020. Por consequência, amplia-se também

o número de dados gerados [Aazam et al. 2014]. Armazenar e processar essa quantidade de dados só é possível com o advento da computação em nuvem.

2.2. Cloud Computing

A Computação em nuvem (do inglês, *Cloud Computing*) é definida pelo *National Institute of Standards and Technology* como padrão que permite acesso à rede onipresente sob demanda, provendo o acesso compartilhado a conjuntos de recursos computacionais, como: servidores, rede e armazenamento [Mell and Grance 2011].

Com a união da IoT à Computação em nuvem, Aazam et al. (2014) argumenta que a nuvem proverá mais oportunidades de negócios, no entanto torna complexa a disposição de recursos, dados e latência de banda. Conforme aumentam o tipo e a quantidade de dados sendo solicitados a qualquer momento, a qualidade de serviço em termos de largura de banda, perda de pacote e atrasos devem ser evitados na nuvem. O armazenamento de dados críticos sensíveis à latência, como vídeos, precisam ser alocados no local mais próximo para que o tempo seja minimizado. Nesse cenário, a Computação em Névoa emerge como alternativa para estas questões.

2.3. Fog computing

A Computação em Névoa (do inglês, *Fog computing*) é definida por Bonomi et al. (2012) como um método de virtualização que fornece processamento, armazenamento e acesso a rede entre dispositivos finais e os centros de dados na nuvem, sendo utilizados frequentemente na borda de rede. Com o surgimento da IoT, a nuvem permitiu centralizar recursos, possibilitando o acesso virtual. Entretanto, o grande volume de dados gerados a partir disso pode causar perda de eficiência em processos que necessitam de prioridade, além de sobrecarregar a própria nuvem.

Pensando no papel da névoa, Castilho e Kamienski (2018) declaram que a névoa é alocada no ponto mais apropriado entre a nuvem e o usuário final, de modo a otimizar o processamento, armazenamento e transmissão, provendo melhorias em todo o processo de interação. Deste modo, a névoa exerce um papel fundamental que visa ampliar os serviços da nuvem, sendo eles: localização na borda e baixa latência, suporte a rede de sensores em larga escala, grande volume de nós, suporte à computação móvel, análise de dados e interação em tempo real, heterogeneidade e interoperabilidade e rede sem fio [Bonomi et al. 2012].

2.4. Salas de aula inteligentes

A Sala de aula inteligente (do inglês, *Smart Classroom*) pode ser definida como um ambiente inteligente onde há consciência de contexto e gerenciamento do âmbito de aprendizagem, onde o conteúdo educacional é apresentado de forma dinâmica e eficiente, aprimorando a interação entre os alunos e o meio educacional [Huang et al., 2012]. As salas de aula inteligentes devem permitir a manipulação de recursos disponíveis na sala de aula entre alunos e professores, como por exemplo, computadores, dispositivos audiovisuais, condicionadores de ar, projetores e aparelhos de iluminação.

Dessa forma, o ambiente inteligente caracteriza-se pela integração natural entre os seres humanos e os dispositivos eletrônicos que o compõe o usuário. A integração entre tecnologias da IoT e Salas de Aula Inteligentes originaram uma série de

tecnologias, destacando-se dentre elas: dispositivos de realidade aumentada, computação vestível, controle e gerenciamento do ambiente, bem como, iluminação, sistema de ar, identificadores de rádio frequência e sistemas de reconhecimento humano [Song, 2014].

3. Trabalhos Relacionados

Nessa seção serão abordados alguns dos principais trabalhos relacionados que foram pesquisados. Como critério de seleção foram escolhidos trabalhos que utilizassem de tecnologias de *Fog Computing* e *Internet of Things*.

No trabalho desenvolvido por [Raval et al. 2018], um protótipo para uma *Smart Classroom* tem a intenção de utilizar tecnologias de IoT, *Fog* e *Cloud*, junto ao protocolo Wellness, que trata das métricas de envio de pacotes, e uma placa Intel Galileo, que faz a parte de encapsulamento de pacotes e o controle de dados. O trabalho ainda está em fase inicial, tendo sido implementado o sistema de iluminação da sala, sem o uso da *fog*, onde o mesmo analisa e controle as lâmpada. Na análise dos resultados, constata-se uma economia de energia de 40% em comparação ao ambiente sem IoT.

Outro trabalho desenvolvido por Chakraborty et al. (2016) propõe uma plataforma de computação baseada na *Fog* que lida com a latência de dados sensíveis de saúde. O modelo proposto para lidar com dados geograficamente distribuídos em grande escala de aplicações de cuidados de saúde. O mesmo é avaliado através de processamento de dados relacionados à batimentos cardíacos dos pacientes. De acordo com os autores, essa solução melhora a confiança dos dados, tempo de serviço de entrega e mantém a consistência dos dados. Já no projeto FogFlow, de Cheng et al. (2017), é proposto um sistema para identificação de situações que ocorrem em momentos e quais devem ser as medidas a serem tomadas pelas aplicações que estão na *Fog*, automatizando a tomada de decisões. Porém, o trabalho não especifica de que modo essa estrutura deve ser implementada em um cenário real.

Os trabalhos apresentados de modo geral não abordam a forma como a *fog* é implementada na solução em um cenário real. Bem como não abordam as aplicações voltadas a educação, sendo assim esse artigo propõe um caso de uso em um cenário real com o objetivo focado em dois fatores, diminuição de latência e largura de banda.

4. Proposta

Tendo em vista a evolução de inúmeras tecnologias atualmente, esse artigo traz o enfoque em IoT, onde comunicações constantes são realizadas nesses ambientes tornando por muitas vezes as estruturas da rede insuficientes, pois a largura de banda pode ser um tanto precária. Em outras análises dentro do contexto de comunicações pode-se ter o grande índice de latência e perda de dados uma vez que a rede não é apropriada. A fim de minimizar esses problemas, a tecnologia definida com *Fog Computing* é apresentada na literatura e ao decorrer dos anos tem sido adotada como método de diminuição dos problemas de latência e largura de banda. Com a intenção de demonstrar que a *Fog* tem um significativo auxílio desses problemas esse artigo apresenta um estudo de caso dentro do contexto da educação na seção 4.1.

Em termos gerais, o propósito do paradigma *Fog Computing* é diminuir a latência e reduzir a quantidade de dados enviados para a nuvem, assim aumentando a eficiência. Essencialmente, a *Fog* é um intermediário entre a nuvem e as aplicações IoT trazendo o processamento e armazenamento mais próximos aos aparelhos IoT. A arquitetura que pode representá-la, sendo dividida em três camadas, é demonstrada na figura 1.

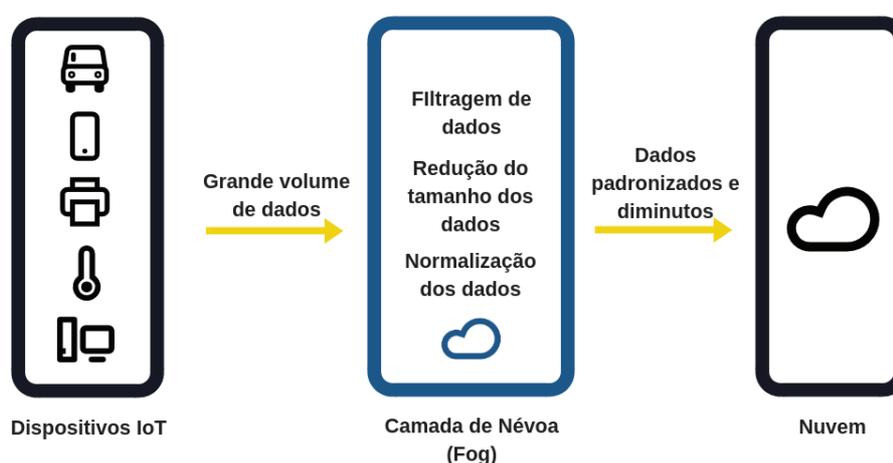


Figura 1. Arquitetura da IoT utilizando *Fog*: Acervo Pessoal

A primeira camada é a de “*Things*”, que são simplesmente os aparelhos IoT, como por exemplo sensores de temperatura, smartphones ou lousas digitais. A segunda camada é chamada de camada de névoa, ou *Fog*, e é para onde os dados são enviados e serão processados. Por fim, a terceira camada é a nuvem, que são os servidores tradicionais com grande poder de armazenamento e processamento e manterão apenas dados que a *Fog* achar convenientemente necessários.

Dessa forma, a *Fog* atua expandindo o modelo de *Cloud Computing*, trazendo diversos benefícios para o ambiente IoT, pois ao atuar mais próxima da borda, a latência é decrementada e os custos de operação tornam-se menores, porque ao processar os dados localmente ao invés de enviar diretamente para nuvem é diminuído o uso da banda de rede bem como o uso da estrutura IoT com *Fog* torna possível atuar em ambientes onde a conexão é instável ou limitada, por meio da criação de redes locais.

Para exemplificar como o emprego de *Fog* pode auxiliar na diminuição da banda e latência a Figura 2 é apresentada.

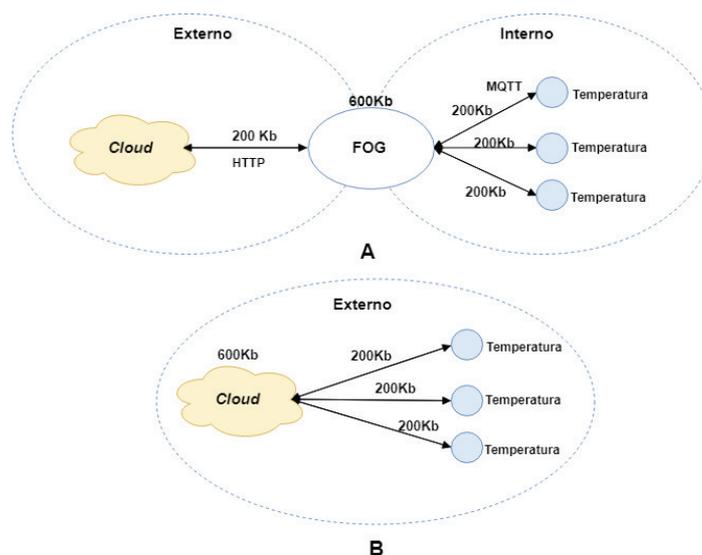


Figura 2A. Conexões com o uso da Fog Figura 2B. Conexões sem a Fog: Acervo Pessoal

Supondo que três sensores de temperatura, um em cada sala de aula, enviam dados com tamanho igual a 200kb a cada cinco minutos, com o uso da *Fog* o processamento desses dados seriam em rede local e o *link* de rede externo utilizado seria de apenas 200kb, ou seja, apenas um pacote da média de temperatura é enviada à *cloud*, o restante das conexões é realizada na *Fog*. Sem o uso da *Fog* a carga da rede do link externo seria 600kb uma vez que cada comunicação não tem filtro intermediário.

Portanto, pode-se notar que o uso de banda do *link* externo é menor com o uso de *Fog*, além disso constata-se a diminuição da latência, uma vez que redes internas tornam um ambiente mais ágil em relação a redes com conexões externas. Dentre inúmeros problemas no desenvolvimento de salas de aula inteligentes um caso de uso a seguir é apresenta a *Fog* como auxílio, sendo um ambientes IoT com foco na educação.

4.1. Estudo de caso

A sala de aula inteligente proposta como estudo de caso no emprego da *Fog* consiste em comunicação entre diversos sensores e uma *Cloud*, que funciona como base de dados e central de respostas da rede como um todo. Quando um professor entra na sala, por meio de sua biometria solicita iniciar a aula, uma requisição é enviada ao banco de dados que confirma se existe ou não alguma aula programada com este determinado professor neste determinado horário. Caso a resposta seja positiva, a sala abre e dá-se início à aula. Neste momento, as luzes, projetores, ar condicionados e demais aparelhos eletrônicos ligam automaticamente e ajustam suas configurações para se adequarem às características momentâneas do ambiente.

Os alunos, ao entrarem na sala, usam sua digital para confirmar sua presença, e o material da aula é instantaneamente disposto a eles. Também a sala de aula conta com um robô que auxilia no processo do ensino e aprendizagem, o qual interage com os alunos para tirar dúvidas dos conteúdos e auxilia na coleta de informações dos perfis dos alunos para possíveis soluções de dispersão e desatenção em sala de aula.

Neste ambiente onde as comunicações são diretas com a *Cloud* pode-se encontrar problemas como performance das respostas e manutenção de dados, uma vez que não tem-se a garantia de conexão da sala com o servidor central disponível sempre

que requisitada, o que pode acarretar na impossibilidade de iniciar a aula. Também tem-se o *delay* intrínseco na comunicação dos inúmeros sensores.

Uma solução para esses problemas é a adoção da *Fog Computing*, deixando parte do processamento mais próximo da sala. Isso faz com que os dados dos sensores possam ser pré-processados sem serem mandados para a cloud, diminuindo o tempo de resposta de todos dispositivos conectados à esta rede da sala. Um problema mais específico que o uso da *Fog* pretende resolver é o tempo de resposta do robô que compõe a sala, conforme a Figura 3. O problema aqui é que o tempo de resposta do robô (devido à necessidade de conexão com a *cloud*) é extremamente lento, tornando inviável qualquer tipo de conversação.



Figura 3. Ilustração da sala de aula inteligente: Adaptada - Revista FreeLance

Para isso, propõe-se o uso da *Fog* para trazer uma instância local da plataforma e diminuir ou até acabar com esse problema. Assim o tempo de resposta é diminuído, tornando possível uma conversação fluida e o seu uso na sala de aula inteligente

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

As Salas de Aula Inteligentes prometem ser ambientes dinâmicos, que permitirão que as interações entre os alunos, professores e o ambiente sejam aprimoradas através da integração da IoT. Com esse novo modelo de sala de aula emergindo surgem também novas demandas em relação a estrutura que abrange as tecnologias que compreendem estes ambientes, por exemplo: tempo de resposta rápido entre os dispositivos, segurança, conexão estável entre outros.

Na análise apresentada neste trabalho, enquanto a *Cloud* atua como provedor de rede, que dispõe base de dados e provê a interação entre os diversos dispositivos integrados no ambiente, consequências como grande volume de dados sendo enviados e requisitados, grande tempo de resposta e perda de conexão com os dispositivos são constatados. A partir dessa conjuntura, foi proposto a utilização da *Fog* como solução, possibilitando que a interação e as requisições sejam atendidas de forma eficiente.

Dentro do contexto geral outra contribuição deste trabalho, destaca-se o estudo aplicado a um ambiente educacional, de maneira geral o artigo propõe minimizar possíveis problemas em relação a conexão e estabilidade da tecnologia IoT na Sala de Aula, tornando o ambiente mais produtivo para os usuários (alunos e professores).

Como trabalho futuro, pretende-se efetivar o uso da *Fog* na Sala de Aula, possibilitando comprovar as vantagens do uso da mesma em termos de tempo resposta e com foco em aspectos de segurança.

Referências

- Aazam, M., Khan, I., Alsaffar, A. A. and Huh, E. N. (2014) “Cloud of Things Integrating Internet of Things and cloud computing and the issues involved”, 11th International Bhurban Conference. IEEE.p414-419.
- Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J. and Addepalli, S. (2012) “Fog computing and its role in the internet of things”, In Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing. ACM. p13-16.
- Castilho, G. U. and Kamienski, C. (2018) “Aplicação de Computação em Névoa na Internet das Coisas para Cidades Inteligentes: da Teoria à Prática”. XVI Workshop em Clouds e Aplicações. SBRC.
- Chakraborty, S., Bhowmick S., Talag,a P. e Agrawal, D. P. (2016). “Fog Networks in Healthcare Application”. In Proceedings of 13th IEEE International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems (MASS).
- Cheng, B., Solmaz, G., Cirillo, F., Kovacs, E., Terasawa, K. e Kitazawa, A. (2017). “FogFlow: Easy Programming of IoT Services Over Cloud and Edges for Smart Cities”. In IEEE Internet of Things Journal.
- Garay, J. R. B. (2012). “CyberSens: Uma Plataforma Para Redes de Sensores Ciberfísicos”. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Huang, R., Hu, Y., Yang, J. and Xiao, G. (2012) “The functions of smart classroom in smart learning age”, Open Education Research, 18(2), p22-27.
- Li, S., Da Xu, L and Zhao, S. (2015). “The internet of things: a survey”, Information Systems Frontiers, 17(2). p243-259.
- Mell, P.; Grance, T. “The NIST definition of cloud computing”. 2011.
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F. and Chlamtac, I. (2012) ”Internet of things: Vision, applications and research challenges”, Ad hoc networks, 10(7). p1497-1516.
- Raval, P.M, Patil, M.M, Pawar, S. P. e Gujar, A. D. (2018). “IOT-Fog- Cloud based for Smart Classroom”, em International Journal of Scientific Research and Review.
- Song, S., Zhong, X., Li, H., Du, J. and Nie, F. (2014) “Smart Classroom: From Conceptualization to Construction”, In Intelligent Environments (IE), 2014 International Conference. IEEE. p330-332.