

# Fog computing e a Internet of Things

Carlos Pereira, João Pires Barreira, and Miguel Silva

Universidade do Minho, Departamento de Informática, 4710-057 Braga, Portugal  
e-mail: {a61887,a73831,a73137}@alunos.uminho.pt

**Resumo** O *Fog Computing* é uma tecnologia responsável por estender o conceito da *cloud* ao limite (*edge*) da rede local, fazendo com que os serviços de computação, armazenamento e análise de dados estejam mais próximos do utilizador final. Assim, esta plataforma traz consigo melhorias substanciais ao nível do desempenho de várias aplicações - nomeadamente no contexto da *Internet of Things*. Contexto esse que beneficia largamente das características do *Fog Computing*: distribuição geográfica, suporte pela mobilidade, pelas interações em tempo-real e ainda por operações de análise de dados que beneficiam de uma menor latência, entre outras. Esta capacidade analítica da *fog* está, no entanto, aliada à capacidade da *cloud* em tratar os dados de um modo menos efêmero e de gerir os sistemas de um ponto de vista mais geral, o que terá implicações sobretudo no contexto de aplicações concretas como, por exemplo, sistemas de veículos, semáforos e redes elétricas inteligentes.

## 1 Introdução

O modelo de *Cloud Computing* é uma alternativa eficiente para armazenar e gerir grandes quantidades de informação, através de *datacenters* que se encarregam desta tarefa.

No entanto - e como veremos mais à frente -, os sistemas da *IoT* produzem uma grande quantidade de dados cujo tratamento através da *cloud* se apresenta como algo custoso, devido aos problemas de latência na transmissão dos dados, através da internet, para os servidores distantes. É neste aspeto que a *cloud* apresenta algumas desvantagens, nomeadamente por ser uma arquitetura centralizada que acarreta custos no tempo de processamento e, consequentemente, na eficiência dos sistemas.

Surge, então, o *Fog Computing* e a sua arquitetura mais distribuída e desenhada para uma comunicação mais segura e rápida entre os elementos do sistema e dispositivos posicionados no limite da rede local. Assim, é uma arquitetura que pode trazer melhorias ao contexto da *Internet of Things*, devido ao seu grande poder de monitorização, velocidade, escalabilidade e por possibilitar um tratamento em tempo real da enorme quantidade de informação gerada pelos dispositivos da *IoT*.

Iremos então introduzir o conceito de *Fog Computing* e a sua importância no contexto da *IoT*, referindo também algumas aplicações práticas. Falaremos ainda da importância da ação conjunta entre a *fog* e a *cloud* que, apesar de serem arquiteturas distintas, complementam-se, atuando em conjunto, e permitindo um melhor desempenho dos sistemas da *Internet of Things*.

## 2 Caracterização do Fog Computing

O *Fog Computing* é uma arquitetura que deslocaliza e descentraliza os serviços de *cloud* dos servidores distantes para dispositivos nos limites (*edge*) da rede local ao utilizador (e.g. *routers*, *switches*, *multiplexers*, etc). Desta forma, o armazenamento na *cloud* que era assegurado por servidores (i.e. *data centers*) distantes e, possivelmente, pertencentes a uma entidade externa (e.g. *Google*, *Dropbox*, etc) passa a ser assegurado pelos dispositivos do limite da rede local.

A comunicação que antes era feita via internet, agora é feita localmente através desta mesma rede local. O controlo, a configuração, as medições e a gestão dos processos passa a

estar disponível ao utilizador final que, para além de verificar melhorias a nível de latência e de eficiência dos processos, passa também a ter controlo sobre todos estes fatores. O utilizador também fica com maior controlo sobre a segurança dos seus dados que, na alternativa dos serviços *cloud*, estariam alojados em servidores de uma outra entidade, ficando sujeitos a um eventual *data breach* que afetaria não só esse utilizador em específico mas também uma parte dos outros utilizadores que utilizam o mesmo serviço de *cloud*.

No entanto, como veremos mais à frente, o *Fog Computing* não se apresenta simplesmente como uma alternativa ao *Cloud Computing* mas sim como um complemento com uma importância crescente, maioritariamente no contexto da *Internet of Things*, tema no qual nos decidimos focar. [3][4][5]

### 3 Fog Computing e a Internet of Things

O *Fog Computing* pode trazer grandes vantagens ao conceito já existente da *Internet of Things (IoT)*, maioritariamente devido à menor latência e à maior eficiência dos processos.

Os mais variados sensores relativos à *IoT* produzem uma enorme quantidade de informação que é enviada através da internet para os chamados *cloud datacenters*. Esta informação é depois analisada e armazenada nestes *datacenters*, sendo enviadas novas informações relativas ao funcionamento dos sensores. Este “vai e volta” de grandes quantidades de dados pode ainda ser aliado a um número elevado de sensores e dispositivos, agravando ainda mais o problema da elevada ineficiência da transmissão de dados para servidores na *cloud* que, no panorama atual, requer uma grande largura de banda.

É aqui que os sistemas que incluem o *Fog Computing*, se assumem como uma alternativa de maior qualidade: como o armazenamento e o processamento da informação passa a ser feito a nível local, é eliminado o problema da latência da conexão ao servidor a uma grande distância através da internet, bem como a necessidade da existência de uma grande largura de banda. Tudo isto contribui para uma melhoria a nível de eficiência nos dispositivos da *IoT*.

Note-se que uma maior latência nos processos dos dispositivos da *IoT* pode ser apenas um ligeiro incómodo caso estejamos a falar de um simples sistema de ar condicionado controlado remotamente, mas pode trazer consequências sérias no caso de um sistema de comunicação entre veículos inteligentes, por exemplo. [3][6]

### 4 Caracterização do Fog Computing no contexto da Internet of Things

Como já explicámos, a *Internet of Things* é um contexto em que o *Fog Computing* tem uma elevada importância e cujas aplicações obedecem a um conjunto de características inerentes a este contexto, como por exemplo:

- **Distribuição geográfica** - ao contrário da *cloud* mais centralizada, a utilização do *Fog Computing* tem uma distribuição mais dispersa, possibilitando uma conexão de maior qualidade entre, por exemplo, veículos em movimento, através de *access points* posicionados ao longo de autoestradas ou caminhos de ferro. Nestes e noutros contextos, existe uma distribuição geográfica inerentemente dispersa dos dispositivos, o que requer também uma distribuição geográfica dispersa dos elementos de computação e dos recursos de armazenamento. [1]
- **Suporte pela mobilidade** - é essencial que as aplicações práticas do *Fog Computing* comuniquem diretamente com vários dispositivos móveis e, consequentemente, utilizem técnicas de mobilidade. Como por exemplo, o protocolo *LISP* que separa claramente a identidade própria de um dispositivo da sua localização geográfica (ou identidade geográfica). [1]

- **Interações em tempo-real** - é também imperativo que as aplicações do *Fog Computing* saibam interagir com os vários dispositivos em tempo-real, em alternativa ao chamado *batch processing* ou processamento em lote. [1]
- **Heterogeneidade** - os dispositivos da *IoT* possuem os mais variados formatos físicos e tecnológicos e podem ser utilizados em vários meios físicos diferentes entre si. Portanto, é necessário que as plataformas que suportam os sistemas da *IoT* tenham capacidade de suportar esta mesma heterogeneidade intrínseca. [2]
- **Interoperabilidade** - é necessário que os sistemas da *IoT* suportem tecnologias variadas, como o *streaming* de dados (e.g. entre os dispositivos, a *fog* e a *cloud*) para análise e controlo desses mesmos sistemas. [2]
- **Suporte para operações analíticas (em ação conjunta com os serviços de cloud)** - a chamada *fog* é importante, como já explicámos, porque está posicionada no limite da rede, mais perto dos utilizadores e dos vários dispositivos, fazendo com que a transmissão de informação para efeitos de análise seja mais rápida e eficaz. No entanto, e como iremos explicar mais adiante, é essencial haver uma ação conjunta entre a *fog* e a *cloud*. [1]

Por estas razões, podemos dizer que o *Fog Computing* é a tecnologia mais indicada para lidar com as mais variadas aplicações do conceito da *Internet of Things*.

## 5 *Fog Computing* e a *Internet of Things* - Algumas aplicações práticas

### 5.1 *Smart vehicles* (veículos inteligentes)

Um das aplicações mais comuns da *fog* no contexto das *IoT* são os carros inteligentes. Algumas empresas como a *Google*, a *Tesla* e outras multinacionais do setor automóvel têm vindo a apostar em software que introduz a capacidade de uma condução automática por parte dos próprios veículos, seja ela parcial (e.g. apenas para estacionamento) ou total (i.e. a chamada condução "mãos livres"). No caso da *Tesla*, é esperado que a partir do próximo ano (2017) todos os seus carros já tenham a capacidade de comunicar com outros automóveis nas redondezas e de se ligar à internet. Neste contexto, a *fog* é a melhor plataforma, sobretudo pela sua capacidade de suportar interações em tempo real e de possibilitar a interação entre automóveis, *access points* e semáforos inteligentes. [2]

### 5.2 *Smart traffic lights* (semáforos inteligentes)

Uma das aplicações do *fog* neste contexto é a possibilidade de, por exemplo, detetar a presença de uma ambulância e ajustar as luzes dos semáforos automaticamente para que exista uma maior segurança para todos os condutores, bem como uma maior rapidez na assistência a feridos. A *fog* pode também ser importante para detetar a presença e a distância de peões e ciclistas e, mais uma vez, modificar as luzes dos semáforos para uma maior segurança. Concretamente, a *fog* poderá possibilitar, por exemplo, a implementação de um conjunto de luzes inteligentes que deem informações a peões e condutores acerca de movimentos de outros veículos ou pessoas, e que sirvam de dispositivos que possibilitem o envio de avisos aos condutores que estejam próximos através de interações entre os veículos e *access points* através de *WiFi*, *3G*, semáforos inteligentes e das chamadas *road side units* colocadas ao longo das estradas. [2]

### 5.3 *Smart grids* (redes elétricas inteligentes)

Na secção seguinte falamos das redes elétricas inteligentes, um outro exemplo de uma aplicação do *fog*, no contexto da ação conjunta entre a *fog* e a *cloud*.

## 6 Exemplo da ação conjunta entre o *fog* e a *cloud* - *Smart Grid*

Enquanto que a *fog* é responsável por uma maior conscientização do local e uma menor latência, a *cloud* fornece uma centralização global. Muitas aplicações requerem ambas, tanto para análise como para o armazenamento de grandes quantidades de informação - a *Big Data* -, que tem importância, sobretudo, nos estudos mais gerais sobre as várias aplicações. [1]

Uma dessas aplicações são as *Smart Grids* ou redes elétricas inteligentes. Estas redes estão divididas em várias camadas que desempenham papéis distintos. A primeira camada (da *fog*) recebe e processa informação em tempo real e envia comandos aos vários dispositivos, para além de filtrar a informação que deve, de facto, ser processada nesta primeira camada, enviando a restante para as camadas superiores. As segunda e terceira camadas estão relacionadas com os relatórios e a visualização do sistema. Nestas duas camadas, a duração do processamento varia entre o tempo real (*real-time analytics*) e até alguns dias (*transactional analytics*). Como consequência, o sistema de *fog* tem de dispor de vários tipos de armazenamento, desde o chamado armazenamento efêmero para os processos em tempo-real (das camadas inferiores) até ao armazenamento semi-permanente para os processos do tipo *transactional* das camadas superiores, que podem demorar até alguns dias. [1]

Apesar de tudo, é preciso notar que quanto mais alta for a camada, maior será também a área geográfica abrangida e, consequentemente, maior o intervalo de tempo entre processamentos. Assim sendo, o nível final é providenciado pela *cloud*, que é usada como repositório para os dados e informação que permanecem no sistema por um elevado período de tempo (meses ou até anos) e que são a base do chamado *business intelligence analytics*, referente a relatórios mais gerais que têm que ver, sobretudo, com indicadores de performance da totalidade do sistema. [1]

## 7 Conclusões

A realização deste trabalho deu-nos a oportunidade de conhecer uma área que está em surgimento no âmbito das redes informáticas: o *Fog Computing*. Resolvemos enquadrar este tema no contexto de uma realidade específica: a *Internet of Things*, o que nos deu uma visão mais concreta acerca das potencialidades desta nova plataforma.

Ao longo da realização deste trabalho, fomos percebendo que com o aumento da necessidade de processar grandes quantidades de dados e da utilização dos serviços *cloud* para os processar - que nem sempre são a melhor opção -, seria expectável que se tivesse de encontrar uma nova forma de tratar a chamada *Big Data*. Foi neste contexto que percebemos que o *Fog Computing* poderia ser uma excelente opção visto que se encarregaria de manter alguns processos ao nível da rede local do utilizador, não sendo necessária uma ligação permanente à *cloud*.

Desta forma, verifica-se uma diminuição no tempo de execução dos processos, o que faz com que a utilização do *Fog Computing* se torne especialmente interessante no contexto da *Internet of Things*, nomeadamente em aplicações no mundo real como os *smart vehicles*, as *smart traffic lights* e as *smart grids* que beneficiam da complementaridade entre a *fog* e a *cloud*.

Resumidamente, o aparecimento do *Fog Computing* faz com que não nos tenhamos de preocupar com o processamento da grande quantidade de informação gerada nos sistemas da *IoT*, para nos focarmos na aplicação desta arquitetura emergente nos mais variados contextos do mundo real.

## Referências

1. Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., Addepalli, S.: "Fog Computing and Its Role in the Internet of Things", Cisco Systems Inc.

2. Peter, N.: "Fog Computing and Its Real Time Applications", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.
3. Vaquero, L. M., Roderio-Merino, L.: "Finding your Way in the Fog: Towards a Comprehensive Definition of Fog Computing", Hewlett-Packard Labs.
4. [en.wikipedia.org/wiki/Fog\\_computing](http://en.wikipedia.org/wiki/Fog_computing)
5. [www.youtube.com/watch?v=pdmyYbdLnkI](http://www.youtube.com/watch?v=pdmyYbdLnkI)
6. [internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/fog-computing-fogging](http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/fog-computing-fogging)