

## Capítulo

# 4

## **Sistemas LBS, Internet das Coisas e Computação Vestível: Usando a Computação Sensível ao Contexto para Desenvolver as Aplicações do Séc. XXI**

Marcio Pereira de Sá

### *Abstract*

*Ubiquitous Computing allows use of computational resources and access to information anywhere and anytime. It benefits greatly of Mobile Computing, through the use of mobile devices and applications and Context-Aware Computing which deals with the research and development of applications that understand e react to changes in the environment in which they execute. Thus, this chapter aims to make an introduction to Mobile and Ubiquitous Computing, analyzing its history and evolution, its main concepts and definitions, as well as new types of applications and computer systems can be created, such as Location-Based Systems, Wearable Computing and Internet of Things.*

### *Resumo*

*A Computação Ubíqua permite o uso dos recursos computacionais e o acesso à informação a qualquer momento e em qualquer lugar. Ela se beneficia muito da Computação Móvel, através do uso dos dispositivos e aplicações móveis e da Computação Sensível ao Contexto que se ocupa da pesquisa e do desenvolvimento de aplicações que percebam e reajam às mudanças no ambiente em que estão sendo executadas. Assim, este capítulo tem por objetivo fazer uma introdução à Computação Móvel e Ubíqua, analisando sua história e evolução, seus principais conceitos e definições, bem como os novos tipos de aplicações e sistemas computacionais que podem ser criados, como os Sistemas Baseados em Localização, a Computação Vestível e a Internet das Coisas.*

## 4.1. Introdução

A cada dia, nota-se que os dispositivos computacionais tem ganhado cada vez mais espaço na vida cotidiana de grande parte da população mundial. O uso desses dispositivos eletrônicos vai desde o entretenimento (jogos, áudio e vídeo), passando por assistentes importantes no trabalho e nos estudos, até exercerem o papel essencial em muitos setores de nossas sociedades contemporâneas, como no controle dos tráfegos aéreo e urbano e no gerenciamento de aparelhos em UTIs que ajudam a manter pacientes vivos. Deve-se ressaltar também a função importante que eles exercem no gerenciamento do sistema elétrico e até de usinas nucleares.

Como se vê, a humanidade é atualmente muito dependente desses sistemas computacionais e por isso, o estudo, a pesquisa e o desenvolvimento de sistemas controlados por computador têm sido tão importantes para governos e cidadãos em todo o planeta.

Desde a década de 1940, com a criação dos primeiros computadores eletrônicos, se tem visto uma grande evolução tanto no hardware quanto no software disponibilizados nestes dispositivos. Mas foi a partir da década de 1980 que uma importante área da Computação, conhecida como Computação Ubíqua começa a sua jornada [Weiser 1991]. Unindo-se à Computação Móvel, outra área também muito importante atualmente, foi possível chegar à criação de diversas tecnologias e subáreas de pesquisa e desenvolvimento, como a Computação Vestível (*Wearable Computing*), os Sistemas Baseados em Localização (LBS – *Location-based System*) e a Internet das Coisas (IoT – *Internet Of Things*).

Todas essas áreas se beneficiaram e ainda se beneficiam muito dos conceitos e aplicações de um outro campo de estudos, conhecido como Computação Sensível ao Contexto. Este campo se preocupa com o desenvolvimento de aplicações que percebam e reajam a mudanças do ambiente no qual estão inseridas como as mudanças na localização dos usuários, nos recursos computacionais dos dispositivos, na luminosidade e temperatura do local onde o usuário se encontra. Todas essas e muitas outras informações são denominadas *informações de contexto* e são providas, direta ou indiretamente, por sensores.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 4.2 analisa a Computação Móvel, sua história e evolução, as diferentes gerações da telefonia móvel, bem como as principais categorias de dispositivos móveis. Um estudo sobre a Computação Ubíqua é realizado na seção 4.3, onde se discute a Computação Sensível ao Contexto, as definições de contexto e suas classificações principais, além de analisar algumas aplicações importantes da Computação Ubíqua, como os Sistemas Baseados em Localização, a Computação Vestível e a Internet das Coisas. A seção 4.4 apresenta as considerações finais sobre o assunto.

## 4.2 Computação Móvel

A Computação Móvel é um termo usado para indicar o campo de pesquisa e desenvolvimento de dispositivos e aplicações cuja mobilidade é a principal característica e diferença em relação à computação tradicional. É, nos dias de hoje, uma das áreas da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) mais importantes, pois tem

experimentado, nas últimas três décadas, um crescimento espetacular a ponto de alguns a considerarem como a *Quarta Revolução da Computação* [Loureiro 1998], cujos antecessores foram os grandes centros de processamento de dados da década de 1960, o aparecimento dos terminais de acesso nos anos 1970 e a popularização dos computadores pessoais e das redes de computadores na década de 1980, conforme ilustrado na Figura 4.1.

Como a Computação Móvel se ocupa com as pesquisas e o desenvolvimento tanto de dispositivos móveis (*hardware*), quanto de aplicações e sistemas que são executados nesses dispositivos (*software*), é importante analisar aspectos tecnológicos, tanto de hardware quanto de software, quando se quer aprofundar no estudo desta área da Computação.

Assim, em relação ao hardware, algumas características são especialmente importantes para este estudo, como as várias gerações tecnológicas da telefonia móvel, que, de certo modo, ajudaram a popularizar os dispositivos móveis tão importantes no mundo atual. Quanto ao software, alguns aspectos importantes incluem os sistemas operacionais para dispositivos móveis, como o iOS (iPhone e iPad), o Android e Windows Phone/10, bem como as suas plataformas de desenvolvimento, *middleware* e *frameworks* de apoio.

Por serem muito importantes, esses e outros aspectos serão discutidos e analisados em maior profundidade nas subseções seguintes.

1ª Revolução da Computação	2ª Revolução da Computação	3ª Revolução da Computação	4ª Revolução da Computação
<b>Grandes Centros de Processamento de Dados</b>	<b>Terminais de Acesso</b>	<b>Computadores Pessoais e Redes de Computadores</b>	<b>Computação Móvel</b>
(década de 1960)	(década de 1970)	(década de 1980)	(décadas de 1990)

**Figura 4.1 – As quatro grandes revoluções na Computação**

#### **4.2.1. Fatos Históricos Importantes da Computação Móvel**

A Computação Móvel, segundo [Loureiro 1998], tem, como precursores, os sistemas analógicos de comunicação cuja origem está relacionada à descoberta de que a corrente elétrica produz um campo elétrico, atribuída a Hans Christian Oersted, em 1820.

Essa afirmação permitiu iniciar estudos e pesquisas que culminariam com o desenvolvimento de vários sistemas de comunicação, cujo primeiro foi o *telégrafo*. Em linhas gerais, este sistema, inicialmente baseado na comunicação com fio, ainda na metade do século XIX, permitia a transferência de palavras a longa distância através do código Morse. Mas, a partir do estudo da propagação de ondas eletromagnéticas, o que permitiu a descoberta das equações de Maxwell e os experimentos de Heinrich Hertz, foi possível a descoberta da radiotelegrafia por Guglielmo Marconi, no final do século XIX.

Como resultado dessas descobertas, em 1901, ondas eletromagnéticas de sinais de rádio atravessaram o Oceano Atlântico e, com isso, estavam lançados os fundamentos para a comunicação sem fio, tão importante e essencial no mundo atual.

Ainda de acordo com [Loureiro 1998], a segunda geração de sistemas de comunicação foi representada pelo *telefone*, inventado por Alexander Graham Bell, na década de 1870. Pode-se dizer que a terceira geração dos sistemas de comunicação se caracteriza pelo surgimento dos computadores eletrônicos, ainda na década de 1940. A grande contribuição dos sistemas computacionais neste campo foi a viabilização da comutação telefônica digital, permitindo o aumento exponencial de ligações telefônicas simultâneas, algo que seria inviável se feito apenas com operadores humanos (telefonistas).

É importante notar que, até este momento, a comunicação com fio, caracterizada pelo elevado custo de acesso remoto, ainda era predominante. Este cenário tornou os sistemas sem fio atraentes para as companhias telefônicas. Desse modo, várias pesquisas começaram, visando desenvolver novos sistemas de comunicação sem fio mais eficientes.

Historicamente, o primeiro sistema de comunicação móvel de uso prático foi um sistema de rádio utilizado, em 1928, pela polícia de Detroit, nos Estados Unidos. A partir da década de 1940, especificamente em 1947, a AT&T desenvolveu o IMTS (*Improved Mobile Telephone Service*), um sistema de transmissão, precursor dos sistemas celulares atuais, em que era necessário somente uma única torre de alta potência para atender à população de uma grande área ou cidade.

O primeiro sistema celular de uso amplo, entrou em uso nos Anos 1970, com o lançamento do AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), pela AT&T. Seu uso inicial era em automóveis, atendendo a uma pequena quantidade de usuários, oferecendo uma capacidade de tráfego de informações ainda muito limitada. Em 1979, o Japão recebeu a primeira rede de telefonia celular no mundo. A segunda geração do sistema AMPS é lançada em 1983, permitindo o surgimento da primeira rede celular americana que inicialmente operava em Chicago e Baltimore [Loureiro 1998].

Muitas inovações no campo da telefonia celular aconteceram na década de 1990. Ainda no início da década, em 1991, ocorreu, nos Estados Unidos, a validação inicial dos padrões TDMA (*Time Division Multiple Access*) e CDMA (*Code Division Multiple Access*) e a introdução da tecnologia microcelular. Em 1992, surge o sistema Pan-Europeu GSM (*Groupe Spéciale Mobile* – também conhecido como *Global System for Mobile communications*). Em seguida, vemos a introdução do sistema CDPD (*Cellular Digital Packet Data*) e o início dos serviços PCS (*Personal Communication Services*), em 1994. Os projetos para a cobertura terrestre por satélites de baixa órbita, como o projeto Iridium, se iniciam em 1995.

A década de 2000 tem como fatos importantes a popularização do 3G e das redes Wi-Fi. Nesta década atual, notam-se vários fatos interessantes, como a disseminação das tecnologias 4G e o início dos estudos dos padrões 5G, além do aparecimento de novos

tipos de dispositivos, como os dispositivos vestíveis e o avanço nas pesquisas do que se está convencendo chamar de Internet das Coisas.

#### 4.2.2. A Evolução da Telefonia Móvel e Suas Gerações

A Computação Móvel atual foi influenciada diretamente, durante as três últimas décadas, pela evolução da telefonia móvel. Por isso, é importante estudar a história da telefonia móvel para compreender melhor a evolução e o estado atual da própria Computação Móvel.

Neste sentido, para facilitar o estudo da história e a evolução deste área, é útil organizar seus fatos e acontecimentos em gerações. Cada geração se caracteriza especialmente pelas suas tecnologias de comunicação [Loureiro 1998]. As gerações e suas características principais são descritas e analisadas a seguir:

- *Primeira Geração - 1G*

A Primeira Geração da Telefonia Móvel foi caracterizada pelo uso de tecnologias analógicas, cujas consequências aparentes foram o emprego de aparelhos grandes, volumosos e pesados se comparados com os aparelhos das gerações subsequentes. Além disso, os principais padrões de comunicação dessa geração foram: o AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), desenvolvido, ainda na década de 1970, nos Estados Unidos. Este é considerado o primeiro padrão de rede celular, de fato. O TAC (*Total Access Communication system*) foi uma contrapartida europeia ao AMPS. Mais tarde, foi desenvolvido uma evolução do TAC, denominada ETACS (*Extended Total Access Communication System*), porém todos esses sistemas de comunicação ainda eram analógicos.

- *Segunda Geração - 2G*

A passagem da tecnologia analógica para a digital deu origem à Segunda Geração da Telefonia Móvel. Esta mudança permitiu a diminuição tanto do peso quanto do tamanho dos aparelhos telefônicos móveis (celulares). Além disso, houve um aumento na eficiência do consumo de energia, permitindo aumentar a duração da carga das baterias destes aparelhos.

Os principais padrões de comunicação dessa geração são o CDMA (*Code Division Multiple Access*), o TDMA (*Time Division Multiple Access*) e o GSM (*Global System for Mobile communications*).

Além da voz, as tecnologias 2G incluíram a capacidade de transmitir pequenos volumes de dados digitais, como mensagens de texto curtas (SMS - *Short Message Service*) ou pequenas mensagens multimídia (MMS - *Multimedia Message Service*). Deve-se notar que o padrão GSM original permitia a transferência de dados a, no máximo, 9,6 Kbps.

- *Gerações Intermediárias: 2.5G e 2.75G*

Como em muitos países não houve uma migração imediata para a Terceira Geração (3G), foi necessário oferecer tecnologias intermediárias aos usuários do sistema de telefonia móvel desses países. Desse modo, foram disponibilizadas tecnologias denominadas Geração 2.5G (GPRS) e Geração 2.75G (EDGE).

O GPRS (*General Packet Radio System*) é, na verdade, uma extensão do padrão GSM, permitindo, teoricamente, velocidades de transferência de dados de até 114 Kbps. Por ser considerado uma evolução do padrão GSM de segunda geração, o GPRS foi chamado de Geração 2.5G.

Por outro lado, o padrão EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) permitiu alcançar velocidades de transferência teóricas de aproximadamente 384 Kbps, viabilizando a utilização de aplicações multimídias mais simples. O padrão EDGE ficou conhecido como um padrão 2.75G.

- *Terceira Geração - 3G*

A Terceira Geração da Telefonia Móvel (3G) trouxe contribuições importantes tanto às operadoras de telefonia móvel quanto aos usuários desses serviços. No início da década de 2000, o IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications for the year 2000*) da União Internacional das Comunicações (UIT) definiu e publicou o padrão 3G em substituição às tecnologias anteriores de Segunda Geração.

As principais características da Terceira Geração de telefonia móvel (3G) foram a possibilidade de transmissão de dados em altas taxas em comparação com a geração anterior, a compatibilidade mundial entre dispositivos e sistemas de telefonia 3G e ainda a compatibilidade desses serviços de terceira geração com os sistemas de segunda geração.

O UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) foi considerado o principal padrão 3G. Este padrão utiliza uma banda de frequência de 5 MHz, o que permite alcançar velocidades de transferência de dados entre 384 Kbps e 2 Mbps. O padrão UMTS emprega a codificação W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*).

Em seguida, foi disponibilizada a tecnologia HSDPA (*High-Speed Downlink Packet Access*). Esta, por ser uma evolução do padrão 3G, é considerada um padrão superior, conhecido também por 3.5G. O HSDPA permite taxas de transferência entre 8 e 10 Mbps, o que possibilitou o desenvolvimento de novas aplicações móveis que fazem uso intensivo de transferência de dados.

- *Quarta Geração - 4G*

As redes de telefonia móvel de quarta geração (4G) estão baseadas em duas tecnologias/padrões principais: o LTE (*Long-Term Evolution*) e o Wi-Max (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*, também conhecido como IEEE 802.16).

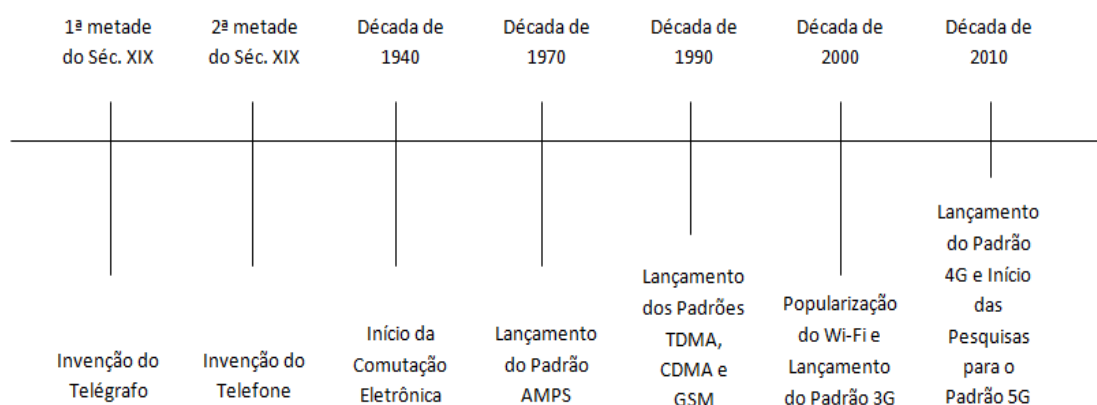
Com certeza, o aumento da velocidade de transmissão é a principal evolução dos padrões de quarta geração em relação aos padrões anteriores. Como exemplo, o padrão LTE, que tem se tornado o mais popular nos últimos anos, pode, em teoria, permitir que *downloads* sejam realizados a até 100 Mbps enquanto os *uploads* podem alcançar a taxa de 50 Mbps. Isto representa um avanço considerável na velocidade de transferência de dados se comparado ao padrão 3G original.

- *Quinta Geração - 5G*

Com o 4G se popularizando, as pesquisas para a próxima geração das redes móveis de comunicação já foram iniciadas e o início das operações dessas redes está previsto para 2020.

Em pesquisas realizadas com as tecnologias de quinta geração (5G), já foram atingidas velocidades de conexão de até 1 Terabyte por segundo. Esse aumento nas velocidades de transferência de dados viabiliza a disseminação e a popularização do uso de tecnologias como os dispositivos vestíveis e a Internet das Coisas (IoT), permitindo a criação do ambiente necessário para a consolidação da Computação Ubíqua, idealizada por Mark Weiser ainda no início da década de 1990 [Weiser 1991].

A Figura 4.2 ilustra alguns dos principais fatos sobre a evolução da Comunicação Móvel.



**Figura 4.2 – Fatos importantes sobre a evolução da Comunicação Móvel**

#### 4.2.3. Classificação dos Dispositivos Móveis

É importante observar a grande quantidade de dispositivos móveis disponíveis no mercado atualmente ou que eram muito comuns até pouco tempo atrás. Esses aparelhos se subdividem em várias categorias ou tipos, dentre elas, destacam-se *telefones celulares convencionais*, *feature phones*, *smartphones*, *tablets*, *phablets* e *dispositivos vestíveis*.

Os *telefones celulares convencionais* foram os dispositivos móveis mais comuns nas duas últimas décadas e suas características principais são o baixo preço e a ausência de sistemas operacionais. São aparelhos muito simples com poucas funcionalidades além da possibilidade de realizar e receber chamadas telefônicas ou enviar e receber mensagens de texto (SMS). Possuem normalmente telas pequenas e são muito limitados em relação à quantidade de memória e armazenamento interno, ao poder de processamento e à forma de conectividade a redes sem fio e ao acesso à internet.

Os *feature phones* são dispositivos que oferecem, a exemplo dos telefones celulares convencionais, poucas funcionalidades, porém estes aparelhos já embutem melhorias nos recursos de conexão à internet e às redes sem fio que facilitam o uso destes para acesso a redes sociais, contas de email, etc. Tanto os *feature phones* como os

telefones celulares convencionais estão, cada vez mais, diminuindo sua participação no mercado global de dispositivos móveis, perdendo suas fatias de mercado para os *smartphones*.

Nos últimos anos, os *smartphones* ou telefones “inteligentes” têm figurado no topo das listas dos dispositivos móveis mais vendidos e populares do mercado. Normalmente o que diferencia um *smartphone* de um telefone celular convencional ou um *feature phone* é a presença ou ausência de um sistema operacional “verdadeiro” gerenciando o dispositivo móvel. Ou seja, um *smartphone* é um dispositivo móvel cuja gerência do hardware e do software instalados é feita por um sistema operacional, com todos os subsistemas básicos implementados, como sistema de gerenciamento de memória, sistema de gerenciamento de processos, sistema de gerenciamento de entrada e saída, etc. O fato desses aparelhos serem gerenciados por um sistema operacional os torna muito mais úteis e versáteis, podendo ser incluídos na categoria de computadores “verdadeiros”, de fato.

Outra categoria muito popular atualmente são os *tablets*. Estes se diferenciam dos *smartphones* geralmente por algumas características, como a presença de telas maiores (em geral telas a partir de 7 polegadas) e o fato de que, na maioria dos casos, não oferecem capacidades de uso das redes de telefonia móvel celular, permitindo acesso à internet e às redes locais através especialmente de conexões Wi-Fi e Bluetooth. As telas sensíveis ao toque (*touch screen*) facilitam o uso de muitas aplicações móveis, como os leitores de notícias, os leitores de livros eletrônicos e a execução de jogos eletrônicos.

Com o aumento do tamanho das telas dos *smartphones*, começaram a ser disponibilizados aos usuários dispositivos com telas entre 6 e 7 polegadas, o que permitiu o surgimento de uma nova categoria de aparelhos móveis, conhecida como *phablets*. Isto é, um dispositivo móvel que possui, na verdade, características tanto dos *smartphones* quanto dos *tablets*. De fato, um *phablet* é um dispositivo grande demais para ser chamado de *smartphone* e pequeno demais para ser chamado de *tablet*.

Finalmente, com a crescente miniaturização dos sensores, telas, processadores e memória, um novo tipo de dispositivo móvel está se tornando popular no mercado. Estes aparelhos podem ser acoplados ao próprio corpo de seus usuários sob a forma de relógios, pulseiras, óculos, roupas, calçados e até tatuagens. A tais dispositivos móveis, dá-se o nome de dispositivos vestíveis (*wearable devices*).

### **4.3. Computação Ubíqua**

Visualize o seguinte cenário: você acorda com o som de sua música favorita e, enquanto toma banho, seu café da manhã já está sendo preparado, na cozinha, por sua assistente pessoal. Esta assistente não é um ser humano, mas entende o que você gosta de comer quando acorda. Enquanto faz sua primeira refeição do dia, as principais notícias da manhã, bem como informações sobre a previsão do tempo, o trânsito e seus principais compromissos do dia são exibidas no espelho que fica ao lado da mesa, na cozinha. Por



comando de voz, você pede para falar com sua secretária, no trabalho, informando-a da confirmação de todos os seus compromissos profissionais de hoje.

Em seguida, vai para a sua corrida matinal realizada todas as manhãs no parque próximo à sua casa. Durante sua atividade física cotidiana, uma série de informações sobre você são obtidas e enviadas a um sistema de gerenciamento e análise de informações pessoais que é responsável por analisar e gerenciar dados sobre sua saúde, desempenho em atividades físicas, viagens, compromissos, dentre outras.

Durante o trajeto de casa para o trabalho, seu automóvel autônomo escolhe a melhor rota e o transporta com segurança e conforto até a empresa onde você trabalha, enquanto você continua a leitura das notícias importantes e se diverte com a central multimídia do veículo. Ao chegar à sua sala, seu computador é ligado automaticamente e as notícias que você ainda estava lendo pelo sistema multimídia de seu automóvel são exibidas também na tela do computador em sua mesa de trabalho, permitindo a você finalizar a leitura de seu jornal da manhã.

Quando chega o momento da sua primeira reunião do dia, novamente sua assistente pessoal digital o alerta sobre a pauta e os participantes da reunião. Em seguida, ao chegar à sala de reuniões, seu *smartphone* altera automaticamente o tipo de toque de campanha para o status “silencioso”, evitando qualquer constrangimento, caso alguma chamada seja feita durante essa atividade. Isso foi possível porque uma aplicação de gerenciamento em seu *smartphone* tinha acesso à sua agenda de compromissos e preferências, permitindo automatizar adequadamente essa e muitas outras tarefas cotidianas.

Ao final da tarde, ao chegar em casa novamente, o sistema de climatização de sua residência altera a temperatura de sua casa de modo a ficar de acordo com suas preferências. Pouco tempo depois que chega em casa, você nota a presença de um entregador do supermercado mais próximo trazendo-lhe vários alimentos que acabaram em seu refrigerador e você nem havia notado. Na verdade, a compra foi realizada pelo próprio refrigerador, identificando a ausência de vários alimentos que você consome regularmente e fazendo a compra automaticamente pela internet.

É importante notar que este cenário, para muitos, futurista e distante, já não é possível apenas nos sonhos ou na imaginação visionária de alguns escritores e cineastas. Também não é privilégio de poucos pesquisadores, que trabalham dia e noite em laboratórios de pesquisa de novas tecnologias muito avançadas. Pode-se dizer que, com os avanços da Computação Móvel e da Computação Ubíqua, esse mundo tão desejado por Mark Weiser [Weiser 1991] e outros cientistas e pesquisadores já está se tornando realidade em muitos lugares do planeta.

#### **4.3.1 Introdução à Computação Sensível ao Contexto**

Entretanto, para que estes e outros cenários semelhantes se tornem realidade, os sistemas computacionais devem se comportar de forma mais autônoma, “inteligente”. Isto só é possível se forem inseridas, nestes sistemas, capacidades que normalmente são encontradas nos seres vivos, algumas delas, quase que exclusivamente nos seres

humanos. Dentre essas capacidades, estão a possibilidade de sentir o ambiente ao seu redor e reagir às mudanças ocorridas nele.

Estes sistemas computacionais com essas características são chamados de *Sistemas* ou *Aplicações Sensíveis ao Contexto*, porque são capazes de perceber as mudanças nas informações de contexto, como o nível de energia do dispositivo, a velocidade e a latência das redes de comunicação, a localização dos seus usuários/dispositivos e se adaptar a essas mudanças de modo a serem mais úteis e autônomos a seus usuários.

O emprego da sensibilidade ao contexto na Computação Móvel permite novas possibilidades no desenvolvimento de sistemas ou aplicações mais adaptadas a esse ambiente ubíquo altamente mutável e inconstante em que estão imersos os dispositivos móveis. Porém, apesar das possibilidades oferecidas, essa nova forma de computação também traz novos e muitos desafios a serem superados. Alguns dos mais comuns são a grande quantidade de tecnologias de sensoriamento, como a possibilidade de coletar a localização de um usuário através de vários tipos de sensores e formatos, e também o grande número de informações de contexto (uso de CPU, localização dos dispositivos e usuários, agenda de compromissos, preferências, etc.)

Tudo isso mostra que desenvolver aplicações sensíveis ao contexto sem o emprego de infraestruturas de provisão de contexto (*middleware*, *frameworks*, etc.) adequadas pode ser uma tarefa extremamente complexa, pois pode exigir que o desenvolvedor entenda e programe tanto os subsistemas de coleta, de processamento e o de alteração de comportamento das respectivas aplicações computacionais.

É claro que, se o desenvolvedor pudesse se dedicar exclusivamente às tarefas mais diretamente relacionadas à lógica da aplicação em si, seu trabalho seria mais eficiente, pois não teria de gastar tanto tempo com tarefas relativas à provisão de informações de contexto. Além das questões relativas ao desenvolvimento das aplicações, um outro ponto negativo está relacionado à manutenção de tais sistemas. Por exemplo, se um sensor for substituído por outro equivalente, porém com interface de acesso aos dados diferente, a equipe de desenvolvimento deverá dispender talvez uma quantidade considerável de tempo e esforço para permitir que o novo dispositivo se comunique adequadamente com a aplicação já existente.

Desse modo, as pesquisas, o desenvolvimento e a disponibilização de infraestruturas para a provisão de informações de contexto, como *toolkits*, *middleware* e *frameworks* especializados são vitais para o sucesso e a popularização da Computação Sensível ao Contexto e, por conseguinte, da própria Computação Ubíqua. Isso ocorre porque tais infraestruturas provêm mecanismos que facilitam tanto a coleta, quanto o processamento e a disponibilização de dados de contexto às aplicações, diminuindo o trabalho dos desenvolvedores, aumentando a qualidade dos sistemas desenvolvidos e encorajando novos profissionais a criarem este tipo de aplicação ou sistema.

Como exemplo, há na literatura vários trabalhos que analisam e relatam o desenvolvimento de várias plataformas de provisão de contexto, cada uma com suas particularidades, funcionalidades e finalidades específicas. Dentre estas plataformas ou infraestruturas de apoio ao desenvolvimento de aplicações sensíveis ao contexto, pode-

se citar o Context Toolkit [Salber 1999] [Dey 2001], o ConBus [Sá 2010], a MoCA [Sacramento 2004] [MoCA Team 2005] e o Hydrogen [Hofer 2003].

A definição de Contexto é essencial para o estudo e o desenvolvimento de aplicações e sistemas *sensíveis ao contexto*. Portanto, será apresentada, na subseção seguinte, uma discussão sobre as diversas definições do termo “contexto” nas mais variadas áreas do conhecimento, bem como a evolução dessa definição dentro da Computação Ubíqua.

#### 4.3.2. O que é Contexto

A expressão “*sensibilidade ao contexto*” foi utilizada, pela primeira vez, segundo Dey *et al* [Abowb 1999], em 1994, em um trabalho dos pesquisadores B. Schilit e M. Theimer [Schilit 1994]. Para estes autores, a sensibilidade ao contexto era a capacidade que uma aplicação ou sistema possuía de se adaptar às pessoas e aos objetos co-localizados, bem como à variação de posição dessas pessoas e objetos com o passar do tempo, incluindo também a capacidade desse software identificar e se adequar ao local onde a aplicação estava sendo executada.

Apesar da expressão “*sensibilidade ao contexto*” ter sido usada em textos científicos apenas em 1994, os primeiros sistemas sensíveis ao contexto são anteriores a esta data. Dois anos antes, ainda em 1992, um trabalho desenvolvido no centro de pesquisas da Olivetti e denominado *Active Badge Location System* [Want 1992], é considerado o primeiro sistema baseado em localização conhecido, criado a partir da visão futurista de Mark Weiser e seus companheiros.

Para Seng W. Loke [Loke 2006], o emprego do termo “contexto” tem sido usado em diversas áreas do conhecimento humano, desde a linguística, passando pela teoria da comunicação, até a filosofia e a inteligência artificial. Por isso, pode-se encontrar inúmeras definições dessa palavra, dependendo da área de interesse.

Assim, contexto pode ser “o encadeamento de ideias de um escrito”, conforme o Dicionário Michaelis [Michaelis 2016] ou “aquilo que está em volta, e dá significado a algo”, de acordo com o *Free Online Dictionary of Computing* [Dictionary 2011]. As duas definições anteriores não ajudam muito os pesquisadores de Computação Sensível ao Contexto, pois são, de maneira geral, muito amplas e vagas para serem empregadas nesta área.

Desse modo, a primeira definição mais próxima dos sistemas distribuídos e das redes de computadores é aquela encontrada no trabalho já mencionado acima de M. Theimer e B. Schilit [Schilit 1994], seguida também por uma definição semelhante de Ryan *et al.* [Ryan 1997]. Nestas definições, o termo contexto é definido basicamente como sendo a informação de localização, bem como a identificação das pessoas e objetos co-localizados e suas respectivas mudanças. Esta ideia de contexto já apresenta um grande avanço para a área, porém ainda não é muito operacional e prática para a Computação Sensível ao Contexto e para a Computação Ubíqua em geral.

Uma definição mais adequada de contexto vem através do trabalho de Dey *et al.* [Abowd 1999] e descreve contexto como sendo “*qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de entidades (por exemplo, pessoas, locais ou objetos) que são consideradas relevantes para a interação entre um usuário e uma*

aplicação, incluindo também o usuário e a própria aplicação. A Figura 4.3 representa graficamente essa definição.

Pelo fato dessa definição se adequar aos objetivos desse campo do conhecimento, ela será a definição empregada no restante desse capítulo, sempre que for empregado o termo “contexto”.

### 4.3.3. Classificação de Contexto

A classificação de contexto pode ser feita segundo vários aspectos e critérios. Serão analisados a seguir algumas dessas classificações.

Para T. Gu *et al.* [Gu 2005], há dois tipos principais de contexto: *contexto direto* e *contexto indireto*.

Neste caso, *contexto direto* está relacionado a toda informação de contexto obtida ou adquirida diretamente de um provedor de contexto (serviço especializado a fornecer informações de contexto às aplicações) e pode ser ainda subdividido em contexto que pode ser sentido (*sensed context*) e contexto definido (*defined context*).

No caso de contexto que pode ser sentido (*sensed context*), um provedor de contexto pode fornecer informações coletadas diretamente de *sensores físicos*, incluindo os dados de localização de um usuário através do receptor GPS de seu dispositivo móvel e dos valores de temperatura e luminosidade de uma sala de aula ou ainda pode coletar dados de *sensores virtuais*, como as informações sobre a temperatura de uma região ou cidade distante obtida através de um serviço web específico (*web service*). Quando se trabalha com o contexto definido (*defined context*) se está interessado naquelas informações “definidas” pelo próprio usuário da aplicação, como as preferências de configuração de seu dispositivo móvel, a sua agenda de compromissos ou até mesmo a lista de restaurantes preferidos.

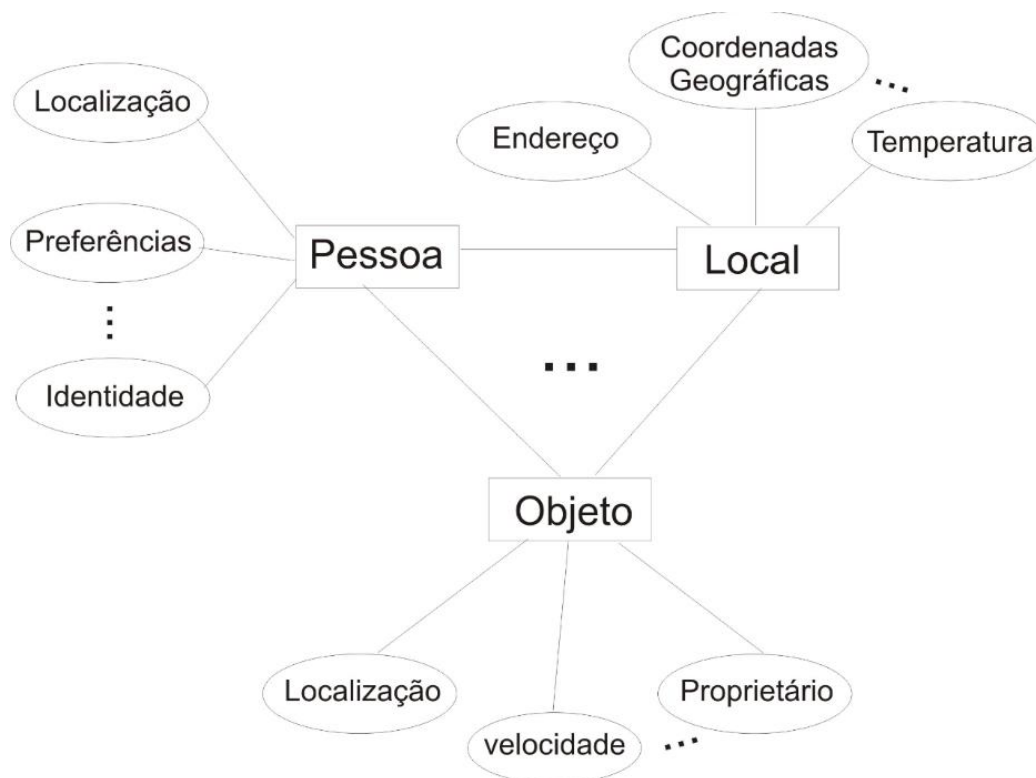
Por outro lado, o *contexto indireto* é sempre obtido através de alguma interpretação de outros contextos diretos ou indiretos (*context reasoning*). Como exemplo, pode-se inferir, com certa margem de erro, através da interpretação de contexto, se uma pessoa está ou não tomando banho verificando-se sua localização (dentro ou fora do banheiro), se a porta está ou não fechada e se o chuveiro está ou não ligado.

A Figura 4.4 ilustra as diferentes categorias de contexto discutidas nos parágrafos anteriores.

Outra forma de classificar contexto pode ser vista no trabalho de Schilit *et al.* [Bill 1994]. Para estes pesquisadores, pode-se categorizar contexto como pertencente a um dos três grupos seguintes: contexto físico, contexto computacional e contexto do usuário. Esta categorização está ilustrada na Figura 4.5.

*Contexto Físico* diz respeito às grandezas físicas em geral como temperatura, níveis de ruído, luminosidade, dentre muitas outras.

*Contexto Computacional* está relacionado aos recursos computacionais de cada dispositivo, como a quantidade de memória disponível, a velocidade de transmissão de dados e a latência da rede de comunicação, o uso de CPU, etc.



**Figura 4.3 - Definindo contexto, segundo [Abowd 1999]**

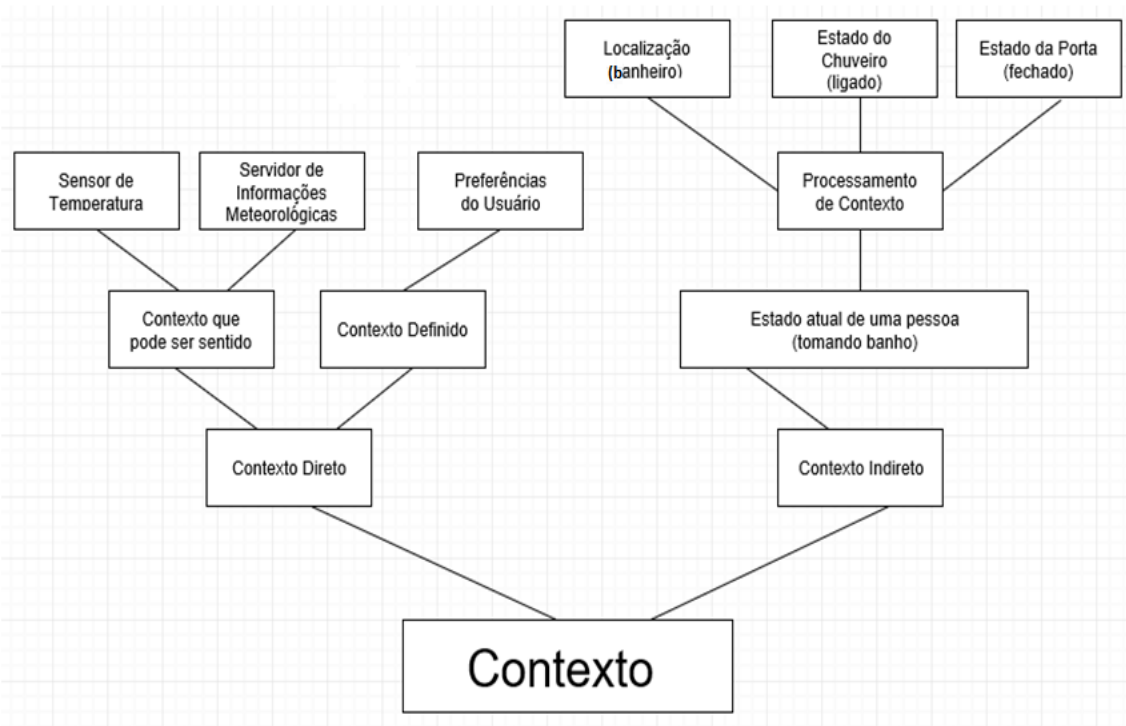
*Contexto do Usuário* se refere a questões específicas do próprio usuário da aplicação, como sua localização, as pessoas co-localizadas, as preferências e o perfil deste usuário.

Uma outra categoria ainda é proposta por Guanling Chen e David Kotz [Chen 2000]: o *contexto temporal*, ou seja, a estação do ano, o dia da semana, a hora do dia, o mês atual.

#### 4.3.4. Sistemas Baseados em Localização - LBS

Os Sistemas Baseados em Localização (*Location-based Systems – LBS*) são caracterizados pelo uso intensivo e essencial da informação de localização. Neste caso, a informação sobre “onde” o usuário/dispositivo se encontra em cada momento faz toda a diferença para o comportamento da aplicação.

Um dos grandes desafios para os sistemas baseados em localização é garantir a identificação da localização de seus usuários a cada instante, tanto em ambientes externos (*outdoors*) quanto dentro de construções, como casas, escritórios, lojas, shopping centers (*indoors*) [Deak 2012]. Esta preocupação se deve ao fato de que a fonte de informação de localização mais empregada para ambientes externos, o receptor GPS, não é muito adequada para localizar usuários e dispositivos em ambientes internos. Neste caso, se faz necessário lançar mão de outras técnicas e tecnologias mais indicadas para essas situações, como a triangulação de antenas de redes Wi-Fi.



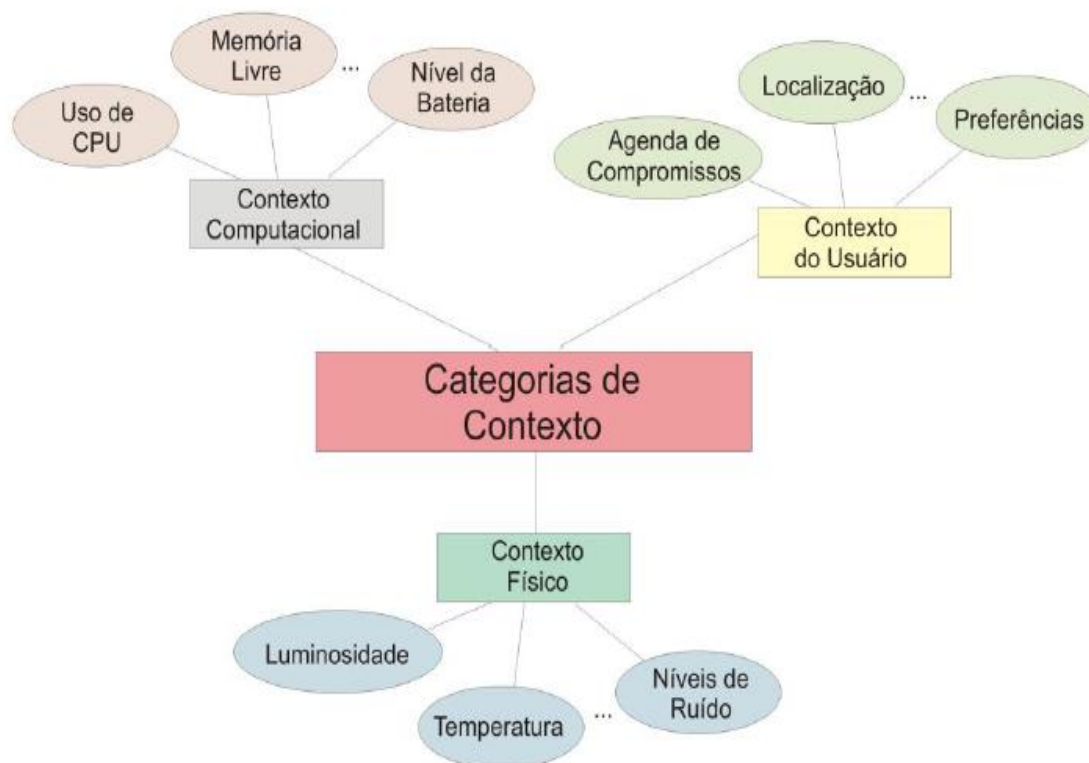
**Figura 4.4 – As categorias de contexto definidas por [Gu 2005]**

Dentre as aplicações LBS mais populares atualmente, destacam-se os sistemas de navegação empregados especialmente nas grandes cidades, que auxiliam os motoristas a evitarem as vias mais congestionadas ou a encontrar de forma mais eficiente um determinado endereço. Além desses, estão se tornando muito comuns, os sistemas de localização de produtos e serviços próximos aos usuários, como aplicativos de compra de comidas e bebidas, de escolha de táxi, dentre outros.

#### **4.3.5. Computação Vestível**

O que se convencionou denominar Computação Vestível (*Wearable Computing*) é, na verdade, uma área tecnológica que objetiva embutir sistemas computacionais sensíveis ao contexto em roupas, relógios, óculos e outros acessórios utilizados normalmente no dia a dia dos seres humanos [Aleksy 2011]. Apesar de estar se popularizando nos últimos anos, podem ser encontradas pesquisas sobre dispositivos vestíveis ainda no século passado [Schmidt 1999].

Estas tecnologias empregam pequenos sensores capazes de coletar as informações contextuais importantes para cada dispositivo, processá-las local ou remotamente, dependendo da complexidade e dos objetivos de cada aplicação. Além disso, são capazes de trocar dados entre dispositivos e aplicações, através de redes sem fio/internet, de modo a criarem redes e sistemas mais complexos que podem realizar diferentes tarefas para seus usuários, como o gerenciamento de informações sobre sua saúde, qualidade de vida, atividades físicas, etc.



**Figura 4.5 – Outra forma de categorizar contexto, definida por [Bill 1994]**

#### 4.3.6. A Internet das Coisas

A Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) é um novo campo de pesquisas e desenvolvimento das novas tecnologias de informação e comunicação (TICs) que visa conectar qualquer “coisa” digital ou física, através da internet, de modo a permitir o desenvolvimento de aplicações e serviços sem precedentes na história da Computação [Razzaque 2016].

Pode-se dizer que a internet passou por três grandes fases ou gerações durante a sua curta história.

A primeira fase, conhecida por *Internet das Máquinas*, diz respeito aos primórdios da internet, quando o objetivo principal ainda era conectar as máquinas, os computadores. Nesta fase praticamente não havia dispositivos móveis.

A partir da década de 1990, com a popularização da web, tem-se o que se chamou de *Internet das Pessoas*, pois o foco muda das máquinas para as pessoas, os usuários, os seres humanos. Neste momento, há o aparecimento de várias redes sociais e o uso da web para realizar atividades financeiras e comerciais. Principalmente a partir de 2010, a internet começou a mudar novamente. Agora, além de interconectar máquinas e pessoas, é potencialmente possível interconectar qualquer “coisa”, ou seja, objetos e dispositivos do dia a dia. Assim, pode-se dizer que o tempo da *Internet das Coisas* está chegando e que, por isso, o mundo tecnológico está passando por um período de transição.

As estimativas são de que em 2020, existam cerca de 50 bilhões de “coisas” conectadas à internet<sup>1</sup>. Esta data coincide com as expectativas da entrada em operação das redes de comunicação de Quinta Geração da Telefonia Móvel (5G). Assim, a grande necessidade de comunicação poderá ser suprida pelas novas redes, permitindo o aumento no volume de informações trocadas pelos seres humanos e também por todas as “coisas” conectadas à internet.

No contexto da Internet das Coisas, podem-se definir dois conceitos importantes: “*coisa*” e *dispositivo*, a saber:

- “*coisa*” pode ser qualquer objeto da vida cotidiana, isto é, uma “coisa” pode ser um refrigerador, uma fechadura de porta, um carro, uma residência ou escritório.
- *dispositivo* pode ser um sensor, uma etiqueta ou um atuador. Em geral, um dispositivo é parte integrante de uma “coisa”.

Assim, uma “coisa” é qualquer objeto que, de alguma forma, possui utilidade para os seres humanos, mas que por serem acoplados a algum dispositivo computacional com capacidade tanto de processamento quanto de comunicação, pode interagir e se comunicar com outras “coisas”, através principalmente da internet.

Em relação à arquitetura de sistemas que fazem uso da Internet das Coisas, há, na literatura, várias opções e modelos de referência, como o sugerido por Distefano *et al.* [Distefano 2015], que é exibido na Figura 4.6.

Segundo os autores, a arquitetura de referência para Internet das Coisas (IoT-A) proposta neste trabalho [Distefano 2015] é decomposta em sete grupos de componentes. Cada grupo é discutido em maiores detalhes a seguir:

- *Gerenciamento de Processo de Internet das Coisas*: fornece as funcionalidades relativas à integração dos sistemas de gerenciamento de processos (de negócios) com a infraestrutura de Internet das Coisas.
- *Organização de Serviço*: atua como um “*hub*” de comunicação entre os outros grupos de funcionalidades.
- *Entidade Virtual*: mantém e organiza as informações relacionadas a entidades físicas, habilitando a descoberta de serviços que exibem recursos associados a entidades virtuais e físicas.
- *Serviço de Internet das Coisas*: fornece as funcionalidades requeridas pelos serviços para processamento de informação e para notificar aplicações e serviços sobre eventos relacionados a recursos e entidades físicas correspondentes.
- *Comunicação*: fornece o conjunto de primitivas para a conectividade e comunicação do dispositivo tanto quanto para o roteamento baseado em conteúdo, fornecendo uma interface comum para os serviços de Internet das Coisas.
- *Gerenciamento*: gerencia recursos eficientemente em termos de custo, eventos inesperados, manipulação de erros e flexibilidade.

---

<sup>1</sup> <http://www.cisco.com/cisco/web/UK/solutions/trends/iot/portfolio.html>



- *Segurança*: é encarregado de assegurar privacidade e segurança aos sistemas que estão em conformidade com a arquitetura IoT-A proposta no respectivo trabalho.

Ainda segundo os autores, os dois últimos grupos (Gerenciamento e Segurança) implementam funcionalidades relacionadas a questões de interesse de todos os outros serviços, e portanto, são verticais, de modo a interfacear com todas as outras camadas.

#### **4.4. Considerações Finais**

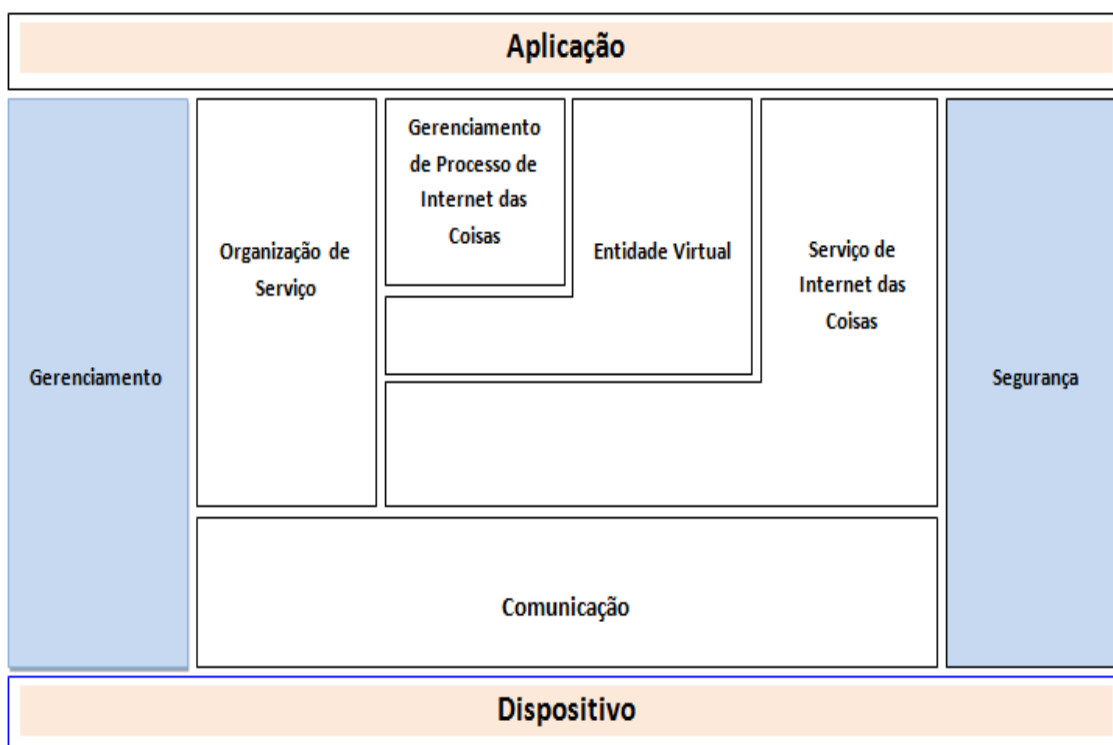
É evidente que ainda há um longo caminho para que a Computação Ubíqua se torne uma realidade para a grande maioria da humanidade, porém muito já foi feito para isso e com o auxílio das novas tecnologias da informação e comunicação, como a Computação Vestível, os Sistemas Baseados em Localização e a própria Internet das Coisas, o mundo caminha rapidamente para que o computador se torne realmente uma tecnologia invisível, de fato, como vislumbrado por Mark Weiser e outros pesquisadores que também compartilharam deste mesmo sonho ainda nas décadas de 1980 e 1990.

Não há dúvida de que esta nova forma de computação será um dos pilares das tecnologias de informação e comunicação deste século XXI, permitindo o desenvolvimento de inúmeras aplicações que até muito pouco tempo atrás eram inimagináveis para a maioria da população, bem como para a maioria dos próprios programadores e desenvolvedores.

Porém, ainda há muitos desafios para serem superados, como a total implantação do IPv6, a melhoria dos algoritmos e sistemas de segurança e privacidade dos dados, o barateamento dos dispositivos e tecnologias vestíveis e a melhoria da velocidade de transmissão de dados de muitas redes de comunicação espalhadas pelo mundo inteiro.

Com todos esses desafios e problemas, espera-se que novos pesquisadores e profissionais se especializem em Computação Ubíqua, trabalhando em suas subáreas, desenvolvendo aplicações e sistemas sensíveis ao contexto capazes de usar os recursos oferecidos pelos dispositivos vestíveis e a Internet das Coisas.

Desse modo, o computador poderá se transformar em um dispositivo que estará em qualquer lugar a qualquer momento sob as mais variadas formas e tamanho, auxiliando os seres humanos em suas atividades cotidianas pessoais e profissionais, tornando-se assim um dispositivo mais “inteligente” e útil a seus usuários.



**Figura 4.6 – Arquitetura de Referência para Internet das Coisas (simplificada)**  
 Fonte: Traduzida de [Distefano 2015]

## Referências

- Razzaque, Mohammad Abdur and Milojevic-Jevric, Marija and Palade, Andrei and Clarke, Siobhán. (2016). “Middleware for Internet of Things: A Survey”. In: IEEE Internet of Things Journal. Volume 3, Issue 1. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7322178>
- Distefano, Salvatore and Merlino, Giovanni and Puliafito, Antonio. (2015). “A utility paradigm for IoT: The sensing Cloud, Pervasive and Mobile Computing”, Volume 20, July 2015, Pages 127-144, ISSN 1574-1192, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2014.09.006>.
- Deak, Gabriel. and Curran, Kevin. and Condell, Joan (2012). “A survey of active and passive indoor localisation systems”. In: Computer Communications, 35(16): 1939 – 1954.
- Aleksy, Markus and Rissanen, Mikko J. and Maczey, Sylvia and Dix, Marcel. (2011). “Wearable Computing in Industrial Service Applications”, Procedia Computer Science, Volume 5, Pages 394-400, ISSN 1877-0509, <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2011.07.051>.
- Schmidt, Albrecht and Beigl, Michael and Gellersen, Hans-W (1999). “There is more to context than location”. Computers & Graphics, Volume 23, Issue 6, Pages 893-901, ISSN 0097-8493, [http://dx.doi.org/10.1016/S0097-8493\(99\)00120-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0097-8493(99)00120-X).

- Loureiro, A. A. F. and Mateus, G. R. (1998) “Introdução à Computação Móvel”, In: 11a Escola de Computação, COPPE/Sistemas, NCE/UFRJ., Brazil.
- Weiser, M. (1991) “The computer for the twenty-first century”, In: M., Scientific American, pp. 94–100, September.
- Loke, S. (2006) “Context-Aware Pervasive Systems”, In: Auerbach Publications, Boston, Ma, USA.
- Ryan, J. and Pascoe, N. and Morse, D. (1997) “Enhanced reality fieldwork: the context-aware archaeological assistant,” In: Gaffney, V., Leusen, M. v. and Exxon, S. (Eds.).
- Abowd, G. D. and Dey, A. K. and Brown, P. J. and Davies, N. and M. Smith and P. Steggles (1999) “Towards a better understanding of context and context-awareness,” In: HUC ’99: Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. Springer-Verlag, pp. 304–307, London, UK.
- Schilit, B. N. and Theimer, M. M. (1994) “Disseminating active map information to mobile hosts,” In: IEEE Network, 8(5), pages 22-32. [Online]. Available: <http://schilit.googlepages.com/ams.pdf>.
- Want, R. and Hopper, A. and Falcão, V. and Gibbons, J. (1992) “The active badge location system,” In: Olivetti Research Ltd. (ORL), 24a Trumpington Street, Cambridge CB2 1QA, Tech. Rep. 92.1. [Online]. Available: [iteseer.nj.nec.com/want92active.html](http://citeseer.nj.nec.com/want92active.html).
- Michaelis, Dicionário. (2016) ”Michaelis: Moderno Dicionário de Português Online. In: [Online]. Available: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/>.
- Dictionary. (2011) “Free online dictionary of computing,” In: [Online]. Available: <http://dictionary.reference.com>.
- Gu, T. and Pung, H. K. and Zhang, D. Q. (2005) “A service-oriented middleware for building context-aware services,” In: Journal of Network and Computer Applications, vol. 28, no. 1, pp. 1–18, January. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2004.06.002>.
- Bill N. A. and Schilit N. and W. R. (1994) “Context-aware computing applications,” In: Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Santa Cruz, CA, 8(5), pages 85-90, IEEE Computer Society. [Online]. Available: <http://schilit.googlepages.com/publications>.
- Chen, G. and Kotz, D. (2000) “A survey of context-aware mobile computing research,” In: Technical Report TR2000-381 - Dartmouth College. [Online]. Available: <http://www.cs.dartmouth.edu/reports/TR2000-381.pdf>.
- Salber, D. and Dey, A. K. and Abowd, G. D. (1999) “The context toolkit: aiding the development of context-enabled applications,” In: CHI ’99: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. New York, NY, USA: ACM, pp. 434–441.
- Dey, A. and Salber, D. and Abowd, G. (2001) “A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications”. [Online]. Available: <http://citeseer.ist.psu.edu/dey01conceptual.html>.

Sá, M. P. de (2010) “Conbus: Uma plataforma de middleware de integração de sensores para o desenvolvimento de aplicações móveis sensíveis ao contexto,” In: Dissertação de mestrado, Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (INF/UFG), Brasil.

MoCATeam (2016) “Moca home page,” In: <http://www.lac.inf.puc-rio.br/moca> (Last visited: April 2016).

Sacramento, V. and Endler, M. and Rubinsztein, H. K. and Lima, L. S. and Gonçalves, K. and Nascimento, F. N. and Bueno G. A. (2004) “Moca: A middleware for developing collaborative applications for mobile users” In: IEEE Distributed Systems Online, vol. 5, no. 10, p. 2,