

2 Computação Ubíqua

“As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se entrelaçam com o cotidiano até que se tornem indistinguíveis dele” [Weis91]. Desta forma começa o artigo de Mark Weiser no qual o autor descreve sua visão de Computação Ubíqua. A essência desta visão é a criação de ambientes saturados de recursos computacionais e de capacidade de comunicação integrados de modo transparente ao ser humano.

Weiser observou ainda, que a Computação Ubíqua pode ser apresentada como o oposto da Realidade Virtual [Weis91]. Segundo ele, a Realidade Virtual tenta colocar o mundo real dentro do computador, simulando-o parcialmente e envolvendo o usuário neste mundo virtualizado, enquanto na Computação Ubíqua os equipamentos computacionais é que permeiam o mundo real do usuário, enriquecendo-o.

Além de prever uma nova transição da tecnologia, ele previu que o paradigma teclado-mouse-display também seria quebrado com o surgimento de dispositivos computacionais de diferentes tamanhos (pequenos, médios e grandes) e finalidades (para uso pessoal e coletivo). Na prática, sua visão estava muito além do seu tempo – a tecnologia de hardware necessária para alcançá-la simplesmente não existia [Saty01].

Depois de mais de uma década de progresso de *hardware*, muitos elementos críticos da Computação Ubíqua, que eram exóticos em 1991, são produtos comerciais disponíveis, como redes sem fio, redes de sensores, tablets PCs e smartphones. Segundo Weiser, é importante que esses novos dispositivos sejam explorados de forma transparente, para não sobrecarregar a interface homem-máquina.



Figura 2.1: Alguns dispositivos ubíquos atuais
(HP Tablet PC, Apple iPhone, Logitech IO Pen, Microsoft Surface).

A Computação Ubíqua emerge como um tema atual na pesquisa e desenvolvimento da Ciência da Computação, englobando várias outras áreas já conhecidas, como Sistemas Distribuídos, Interação Humano-Computador e Computação Móvel, proporcionando um novo paradigma na utilização da computação. A Figura 2.2 mostra como os problemas na Computação Ubíqua se relacionam com os de Sistemas Distribuídos e Computação Móvel. Novos problemas são encontrados conforme se observa da esquerda para a direita na figura. Como a simbologia sugere, a complexidade é multiplicativa em vez de aditiva, e o relacionamento é apenas lógico e não temporal. [Saty01]

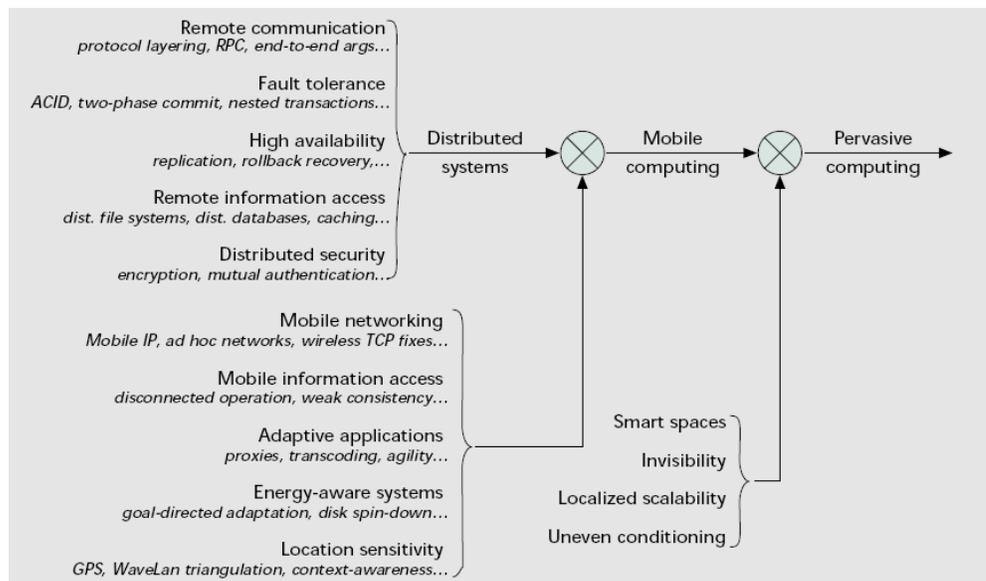


Figura 2.2: Taxonomia dos problemas de pesquisa em Computação Ubíqua [Saty01].

Um dos objetivos da Computação Ubíqua é tornar os recursos computacionais onipresentes e integrados ao cotidiano da vida contemporânea.

Para prover essa transparência, a literatura [AM00] remete para as três áreas complementares da Computação Ubíqua: interfaces naturais, computação ciente de contexto e captura e acesso de experiências ao vivo. As subseções seguintes descrevem os temas citados.

2.1. Interfaces Naturais

A Computação Ubíqua originou um novo paradigma de interação, mais natural e que substitui a metáfora do desktop do computador pessoal. A inovação é tornar a interação do homem com a tecnologia (homem-computador), a mais próxima possível da sua interação com o mundo real no dia-a-dia (homem-mundo). Esta ocorre, principalmente, por meio de gestos, expressões, movimentos e descoberta do mundo pela observação e manipulação de objetos físicos.

As interfaces tradicionais atuais para computação se baseiam no paradigma convencional (teclado/mouse/display). Isto não representa a idéia de transparência e interação implícita definida pela computação ubíqua. As interfaces naturais são as interfaces das aplicações em dispositivos ubíquos baseadas nesse novo paradigma.



Figura 2.3: Reconhecimento de gestos para a interação em um jogo [Truy05].

Anos de pesquisas na área de Interação Humano-Computador “propiciaram o desenvolvimento de interfaces que dão suporte a paradigmas de interação baseados em escrita manual [SGP98], por voz [Haupt95], manipulação de artefatos

eletrônicos, criando o conceito de interfaces tangíveis [IU97] e utilização de sensores em dispositivos computacionais, para manipulação física dos mesmos [HFGM98]” [CARP03]. Até mesmo pesquisas em áreas de Computação Gráfica, como visão computacional, ajudaram no desenvolvimento de interfaces naturais como o reconhecimento de gestos [Truy05], ilustrado na Figura 2.3.

Esses novos tipos de interação trazem novas necessidades e desafios. Novos tipos primitivos de dados (áudio, vídeo, *ink* etc.) passam a ser necessários para o desenvolvimento eficaz de interfaces naturais. Além disso, são necessários mecanismos para o tratamento e reconhecimento de erros associados às novas interfaces [AM00].

2.2. Computação Ciente de Contexto

A Computação Ciente de Contexto se refere à idéia de os computadores poderem tanto perceber quanto reagir ao ambiente em que estão inseridos para facilitar as atividades humanas. Os dispositivos teriam informações sobre as circunstâncias em que se encontram e, baseados em regras ou estímulos inteligentes, eles reagiriam de acordo [SAW94]. Dispositivos cientes de contexto podem tentar realizar suposições sobre a situação atual do usuário. [Dey01] define contexto como qualquer informação relevante sobre as entidades que participam da interação, inclusive os próprios usuários e o computador.

A ciência de contexto é considerado um paradigma que possibilita a construção de sistemas de computação ubíqua quando utilizada no desenho de interfaces inovadoras com o usuário. Em [SATT99] temos um exemplo que ilustra estas possibilidades: um telefone celular ciente de contexto pode concluir que o usuário está ocupado, ao perceber que o usuário está sentado numa sala de reunião, e rejeitar automaticamente as ligações recebidas de baixa prioridade.

Trabalhos iniciais na área de informações de contexto consideravam apenas a localização espacial. Logo o termo contexto foi expandido descrevendo três dimensões como ilustrado na Figura 2.4, fomentando o aparecimento de uma

diversificada gama de aplicações sensíveis ao contexto. Estas coletam como contexto desde informações sobre o próprio dispositivo ubíquo, como o estado da bateria, até informações do ambiente, como outros dispositivos presentes, além de informações sobre as atividades que o usuário está desempenhando, como saber se ele está sentado, andando ou correndo.

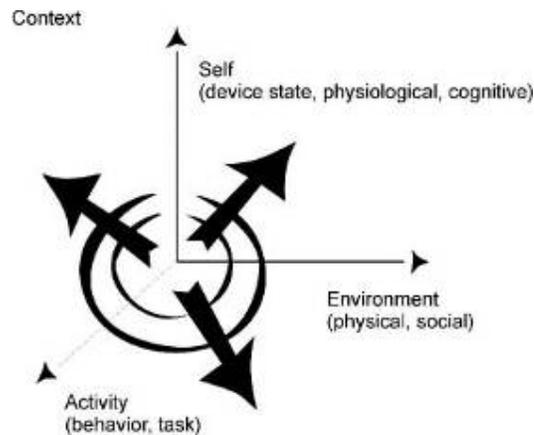


Figura 2.4: Modelo de contexto 3D [SATT99].

Atualmente, os aspectos relacionados à obtenção das informações contextuais são descritos com base em cinco dimensões conforme definido por [AM00], e também conhecido como “cinco Ws”: *Who* (quem), *Where* (onde), *What* (o que), *When* (quando) e *Why* (por que). Em [TAB01], observa-se que devido à dificuldade na obtenção de informações relativas à dimensão *Why*, geralmente associa-se a dimensão *What* com uma sexta dimensão *How* (como) para inferir informações sobre *Why*. Para aplicações específicas, como captura e acesso, a dimensão *How* é importante e pode definir como os dados foram capturados e como eles podem ser acessados

Um desafio óbvio da computação ciente de contexto é fazê-la realmente ubíqua. Informações como localização podem ser obtidas automaticamente pelo uso de GPS, por exemplo, mas o GPS não tem boa captação em todos os lugares. O usuário poderia fornecer todas as informações de contexto necessárias, mas isso iria contra o objetivo de facilitar a interação com o computador, tornando a computação o menos intrusiva possível. Em geral as aplicações cientes de contexto são desenvolvidas para obter inúmeras e até redundantes informações de

contexto de maneira automatizada, disponibilizando-as em um ambiente computacional em tempo de execução, e permitir aos desenvolvedores das aplicações decidirem quais informações são relevantes e como lidar com elas [DA00]. No exemplo da localização, poderíamos obter tanto a posição com o GPS quanto com a triangulação do sinal *wifi* e utilizar o mais apropriado no momento.

Existem vários sinônimos para aplicação ciente de contexto como: adaptativa, reativa, dirigida a respostas, situada, sensível ao contexto e dirigida ao ambiente [Viei04]. Segundo [DA00], a definição de aplicações ciente de contexto divide-se em duas categorias: as que usam informações de contexto e as que se adaptam a informações de contexto. Além disso, [ST94] definiram aplicações cientes de contexto como softwares que se adaptam de acordo com a sua localização de uso, grupo de pessoas ou objetos próximos e as mudanças ocorridas com esses objetos com o passar do tempo.

2.3. Captura & Acesso

Algumas atividades são candidatas naturais para serem realizadas em ambientes que exploram o conceito de computação ubíqua, como ocorre com as atividades colaborativas. Reuniões ou aulas sobrecarregam seus participantes com grande quantidade de informações que, em sua maioria, as pessoas não conseguem assimilar pelos mais diversos fatores, como interrupções, necessidade de anotação ou sobrecarga cognitiva. Num ambiente automatizado de captura, a responsabilidade de gravar o evento é transferida para os computadores, permitindo que as pessoas tenham seu foco de atenção no que realmente interessa, por exemplo para sumarizar, compreender e interpretar [AABE98].

Dentro da área de computação ubíqua, “a tarefa de preservar a gravação de alguma experiência ao vivo para ser revisada em algum ponto no futuro” [SCGM04] é conhecida como Captura & Acesso (C&A). O domínio de aplicação pode se estender desde reuniões informais, sem planejamento prévio, como por exemplo encontros casuais [BTA99], até experiências mais formais, como aulas [AABE98] e operações médicas [RB05].

As próximas subseções aprofundam aspectos relevantes da Captura & Acesso. São eles: as cinco dimensões do espaço de projeto, as quatro fases de C&A, os principais desafios e os três ambientes mais comuns para sua aplicação.

2.3.1. Espaço de Projeto

Um aspecto importante na construção de aplicações de C&A refere-se ao espaço de projeto. [TAB01] definem cinco dimensões para o projeto de C&A que apresentam relação direta com o tema de ciência de contexto:

- *Quem (Who)* são os usuários?

Assim como em qualquer outro desenvolvimento de aplicação, saber quem e quantos são os usuários é de suma importância para no desenho da escalabilidade do sistema e dos papéis que ele precisará tratar. É importante ressaltar que aplicações de C&A envolvem duas atividades distintas com possibilidade de usuários distintos: a captura e o acesso. Segundo [TAB01], esta dimensão deve considerar: o número de usuários na captura; o número de usuários no acesso; a sobreposição entre estes dois grupos; a perspectiva de captura (pública, privada, compartilhada etc.).

- O que (*What*) é capturado e acessado?

Nesta dimensão o foco é no que capturar e tornar disponível para acesso. Deve-se, segundo [TAB01], considerar: os artefatos manipulados na experiência ao vivo; quais fluxos de informação gerados serão capturados; quais artefatos devem ser acessados; e a fidelidade do acesso em relação à experiência ao vivo original.

- *Quando (When)* a captura e o acesso ocorrem?

Para [TAB01], deve-se identificar: com que frequência a captura e o acesso ocorrem; se há algum padrão de periodicidade; e, a escala de tempo entre a captura e o acesso. Tais informações indicarão se o sistema deve estar pronto para uma captura a qualquer momento, no caso de eventos imprevisíveis, ou

se o sistema não precisa tratar e persistir os artefatos capturados, pois o acesso é imediatamente posterior à captura, por exemplo.

- *Onde (Where)* a captura e o acesso ocorrem?

Nesta dimensão [TAB01] considera-se a localização física e a mobilidade dos usuários na captura e no acesso. O entendimento desses aspectos fornecerá indícios dos recursos disponíveis e que tipos de entradas e saídas poderão ser exploradas.

- *Como (How)* são feitos a captura e o acesso?

São pontos de atenção para [TAB01]: as ferramentas e métodos (implícito ou explícito) de captura e acesso; o número de dispositivos envolvidos em cada atividade; o papel de cada dispositivo. Essa dimensão ajudará na definição do grau de automação da captura e conseqüente nível de inteligência que a aplicação precisará ter.

2.3.2. Fases de Captura e Acesso

[AABE98] identificou quatro fases distintas para o problema de C&A de experiências em geral: *pré-produção*, *gravação ao vivo*, *pós-produção* e *acesso*. A primeira fase, de *pré-produção*, está relacionada com a preparação para a sessão de captura. Na fase seguinte, de *gravação ao vivo*, ocorre a captura da maioria das informações possíveis, e o seu armazenamento. A fase de *pós-produção* é quando acontece a integração dos fluxos de informação capturados e eventuais conversões dos dados. Na fase final, de *acesso*, é provido o acesso à informação capturada por meio da recuperação e a visualização desta informação.

Existem na literatura algumas adaptações desta estruturação. Em [RAGF01], é proposto uma integração da segunda e terceira fases, sem nítida distinção dos processos de captura, sincronização e integração dos fluxos de mídia. Segundo [PIKA01], é agregada uma quinta fase, a de *extensão*, que explora o conceito de informação hipermídia evolucionária, permitindo aos usuários dar continuidade ao processo de captura por meio de interação, complemento e inter-relacionamento

das informações capturadas e visualizadas [Cate04] a qualquer momento antes, durante e após as sessões.

2.3.3. Desafios em Captura e Acesso

Em [AM00] são enumerados vários dos desafios encontrados em problemas de C&A. Apesar da extensa pesquisa no tema, muitos continuam em aberto ou exigem um grande esforço para integração numa única solução. Eis alguns exemplos que permeiam a proposta desse trabalho, separados por temas:

Captura:

- A definição dos momentos de início e término da captura é um grande problema, pois raramente estão bem definidos. Além disso, interrupções são esperadas e devem ser tratadas, assim como a ocorrência de múltiplas atividades concomitantemente.
- O uso dos dispositivos disponíveis para capturar informações relevantes é um desafio à parte. Não é suficiente, por exemplo, colocar uma câmera num ângulo para capturar todos os detalhes de uma experiência ao vivo. É inviável também a utilização de técnicos para a operação das câmeras em cada ambiente de C&A. Pode-se supor que a colocação de inúmeras câmeras resolveria o problema, mas o maior desafio é a capacidade de identificação do foco de atenção do grupo e até de cada indivíduo no evento. Alguns trabalhos como o AutoAuditorium [Bian98] e [Bian04] automatizam toda a movimentação de câmeras e corte entre cenas, mas para um ambiente muito específico ou com restrições como um único apresentador. Esse problema ilustrado com as câmeras ocorre com praticamente todos os dispositivos.
- Um dos maiores desafios na captura é o reuso das infra-estruturas. Um ambiente com equipamentos ou arquitetura de rede ligeiramente diferentes pode exigir um grande trabalho de reconfiguração dos componentes ou até a necessidade de novo desenvolvimento.

Acesso:

- Na fase de acesso são necessárias várias formas de recuperação da informação. Esta pluralidade advém da dificuldade inerente do processo real de busca; basta observar, por exemplo, a dificuldade que uma pessoa tem ao tentar recuperar uma foto específica.
- Para dar relevância e propósito ao armazenamento de algumas informações é necessário realizar um tratamento dos fluxos de mídia capturados. A sumarização automática da experiência como em [LRGC01] pode ajudar, por exemplo, na busca de informações, evitando que o usuário tenha de reviver todas as experiências capturadas para localizar uma dada informação. Existem vários trabalhos nesta área, mas ainda é um grande desafio novamente identificar o que é relevante na perspectiva de cada usuário.
- A sincronização dos diversos fluxos capturados durante o acesso é vital. Algumas tecnologias já fornecem recursos poderosos de sincronização como o ASF [ASF04], SMIL [SMIL08] e NCL [Anto00] apenas para citar alguns, entretanto a diversidade de mídias suportadas por cada um ainda está aquém das necessidades de um sistema de C&A.
- Interfaces dinâmicas de manipulação e busca das sessões capturadas são um desafio multidisciplinar. Uma linha do tempo continua sendo uma forma efetiva de interação, mas técnicas com segmentos de tempo não contíguos são cada vez mais necessárias para um acesso efetivo.
- Questões sociais também permeiam os sistemas de C&A. Podemos citar a privacidade das informações capturadas e a classificação dos fluxos capturados como público ou privado. Alguns trabalhos antigos já tinham essa preocupação como o StuPad [TA99], mas observa-se que ela é recorrente. Na avaliação do sistema ActiveTheatre [RB05] foram feitos comentários apreensivos dos médicos sobre julgamentos que poderiam ser feitos de suas operações a partir do acesso por outros profissionais.

2.3.4. Ambientes de Captura & Acesso

As pesquisas na área de C&A podem ser classificadas em três contextos conforme identificado por [TA04]: C&A em sala de aula; em salas de reunião; e, de propósito geral. Nesta seção são apresentados os principais exemplos de C&A reportados na literatura para cada um desses contextos.

As aplicações de C&A para o domínio de sala de aula são um grande sucesso ao permitirem capturar automaticamente as atividades conduzidas pelo professor, o que beneficia diretamente um grande número de alunos. Geralmente, estas capturas são realizadas em um ambiente equipado com dispositivos tais como projetores, câmeras, microfones, lousas eletrônicas e tablets PCs. O pioneiro nesta área foi o sistema eClass/Classroom 2000 [Abow99, Brot01], mas temos outros sistemas acadêmicos famosos como o SmartClassroom [X SX01] e o iClass/InCA-SERVE [CBP03, CARP03, CATE04, TA04] além de produtos comerciais como o Mimio¹.

O domínio de reuniões também tem sido alvo de muitas pesquisas na área de C&A. Assim como nas aplicações de sala de aula, ele exige um ambiente equipado, mas dada a dinâmica da atividade muitos sistemas permitem formas mais colaborativas de interação entre seus participantes, com o uso de dispositivos pessoais. Podemos destacar os projetos pioneiros Tivoli [PMMH93] e DOLPHIN [SGHH94] em que os usuários interagem com um smartboard compartilhado. Mais recentemente, temos os projetos: LiteMinutes [CBGK01], voltado para o resumo de reuniões com captura de anotações, whiteboard e vídeo; Teamspace [GRFF01], que integra captura de reuniões a um ambiente de trabalho colaborativo para gerenciamento de processo compartilhado entre equipes geograficamente distribuídas.

Apesar desses dois domínios serem os mais pesquisados, encontramos trabalhos explorando os benefícios potenciais de C&A em outros ambientes como conferências e museus. Por exemplo: ButterflyNet [YLKG06] investiga a C&A

¹ <http://www.mimio.com>

no trabalho de campo de pesquisas biológicas; Ambulant Annotador [Bult03] é um ambiente interativo para o domínio de sistemas de informação médica que permite a criação e visualização de anotações em fichas de pacientes; ActiveTheatre [RB05], também no domínio médico, trata da captura dos eventos na mesa de operação; e [AGL03] trata de C&A em filmes domésticos.