SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito: 01.03.2004

Assinatura:

Anotações com PDAs: extensão da área de escrita e integração com o Projeto InCA-SERVE¹

Carlos Frederico Penedo Rocha

Orientadora: *Prof.^a. Dr.^a. Maria da Graça Campos Pimentel*

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências de Computação e Matemática Computacional.

USP – São Carlos
Março/2004

A Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Maria da Graça Campos Pimentel

Prof. Dr. Ethan Munson

Profa. Dra. Heloisa Veira da Rocha

AGRADECIMENTOS

Se pudesse agradecer a tudo e a todos, certamente ficaria muito feliz. Mas de todos que lembrar, vou agradecer por tudo o que fizeram ou criaram para mim.

A Deus, por iluminar meus caminhos e me dar a capacidade de poder arbitrar por qual deles seguir.

A minha querida mãe Marileila, por me fazer acreditar que posso superar os obstáculos dos caminhos e enxergar a luz que neles existem.

A meu querido padrasto Novaes, por me apresentar o seu coração de pai e por eriar a base sobre a qual posso caminhar.

Aos meus irmãos Jorge e Flávia, meus verdadeiros exemplos de dedicação e de força para alcançar os objetivos da vida.

A minha imprescindível e adorada noiva Andréa, por estar do meu lado doando amor e carinho durante todos os momentos dessa caminhada.

Aos meus amigos dos laboratórios, das festas e das escaladas, por compartilhar comigo a mesma estrada, fornecendo-me incentivo e criando momentos divertidos e felizes.

A todos os professores que implantaram em mim a magia da aprendizagem e que esculpiram a minha mente com os ensinamentos necessários à expansão das oportunidades e à definição dos caminhos.

A minha orientadora, por me conduzir em um novo caminho e por me incentivar durante as etapas dessa caminhada.

Ao professor Dorival Leão Pinto Júnior, pela grande contribuição com este trabalho.

RESUMO

A computação ubíqua, uma das mais recentes áreas da Ciência da Computação, tem como objetivo tornar os serviços computacionais tão intrínsecos a um determinado ambiente que se tornam transparentes para seus usuários. Este trabalho se insere nesse contexto, tanto buscando apoiar as atividades cotidianas de um usuário em particular quanto provendo flexibilidade de comunicação entre um conjunto de usuários de modo geral. Investigando os problemas associados, desenvolvemos um sistema de anotações visando a captura e o acesso a informações públicas em experiências ao vivo, tais como aulas presenciais, utilizando, para tanto, dispositivos pessoais digitais (ou PDAs – *Personal Digital Assistants*). Apesar dos PDAs apresentarem vantagens como portabilidade e baixo consumo de energia, a limitação de sua tela representa problemas para usuários, que, geralmente, têm dificuldade em visualizar e interagir com uma quantidade de informações que extrapola o tamanho da tela desse dispositivo. Neste trabalho, implementamos um sistema que simula uma área de anotações maior do que a tela dos PDAs e elaboramos um mecanismo de rolagem de textos para favorecer a escrita de anotações. Para avaliar esse mecanismo e o impacto da utilização de uma área maior na orientação espacial do usuário, conduzimos dois experimentos e analisamos seus resultados. Por fim, acoplamos essas características no sistema desenvolvido e o integramos à infra-estrutura do Projeto InCA-SERVE, em utilização pelo grupo de hipermídia do ICMC-USP.

ABSTRACT

One of the most recent areas of Computer Science, ubiquitous computing is concerned with providing computer support invisible for its users. According to this idea, the aim of our work is to support activities from a particular user and provide means of communication among several users in a group. Investigating the related problems, we built an annotation system to capture and access public informations on live experiences, such as live classes, using Personal Digital Assistants. The small size of such devices provides the convenience of mobility at the expense of reduced screen space for display and interaction. So, a key limitation of these devices is the user's inability to view and interact with information that occupies an area bigger than the original screen. In our system, we created a virtual area bigger than the PDA screen and provided an automatic scroll mechanism to aid taking annotations. We evaluated this mechanism and the impact of using the virtual area in user's spatial orientation by conducting two experiments and analysing their results. Finally, we integrated the system with the infrastructure of the Projeto InCA-SERVE that is being used by the hypermedia group at ICMC-USP.

Aos meus pais Novaes e Marileila,
meus irmãos Jorge e Flávia,
meus sobrinhos Ana Clara, Caio e Igor
e minha noiva Andréa.

Lista de Figuras

2.1	<i>EnhancedWall</i> : <i>display</i> interativo utilizando mecanismos de rastreamento de faces.	9
2.2	<i>AmbientDisplay</i> : tubos com água exibindo a palavra “UIST”.	10
2.3	Esquerda: <i>MediaCup</i> , ilustração de um artefato digital. Direita: <i>MemoClip</i> , um grampo preso à roupa que procura por informações de localização do usuário.	11
2.4	<i>Aware Home</i> : residência utilizada como laboratório para pesquisas de computação ubíqua.	12
2.5	<i>Family Intercom</i> : porta-retrato utilizado para comunicação entre famílias em casas distintas.	13
2.6	Sala de aula instrumentada.	14
2.7	O sistema <i>StuPad</i> usado em sala de aula.	15
2.8	Comunicação entre os componentes <i>xINCA</i> de <i>whiteboard</i> e <i>chat</i>	19
2.9	Captura de uma aula pelo Sistema <i>iClass</i>	20
3.1	Esquerda: interface utilizada no experimento. Direita: ilustração da janela de anotação e da área virtual.	25
3.2	Tarefa A: treinamento do usuário. Esquerda: configuração inicial da tarefa. Direita: um usuário percorrendo as linhas mestras.	28
3.3	Tarefa B: sobrepor uma curva simples. Esquerda: configuração inicial da tarefa. Direita: um usuário percorrendo a curva.	29
3.4	Tarefa C: sobrepor três curvas existentes. Esquerda: configuração inicial da tarefa. Direita: um usuário percorrendo o início da segunda curva.	29

3.5	Tarefa D: escrita livre. Esquerda: configuração inicial da tarefa. Direita: frase escrita por um usuário.	30
3.6	Esquerda: Tarefa E, de treinamento. Direita: Tarefa G, das três curvas.	30
3.7	Fatores que influenciam o tempo para se completar a tarefa: tipo de deslocamento, ordem e atividade	31
3.8	Fatores que influenciam a variável resposta distância	32
3.9	Escrita livre com e sem deslocamento automático.	33
3.10	Esquerda: configuração inicial do relógio para cada tarefa. Direita: desenho das marcações do relógio.	35
3.11	Interface utilizada no experimento, com um botão para deslocamento manual (A), para desenhos (B) e borracha (C).	36
3.12	Tarefas executadas por um usuário: 3h, 8:40h, 2:45h e 11:10h.	37
3.13	Aplicação de um gabarito sobre os relógios da figura anterior.	37
3.14	Gráfico da ordem de execução da tarefa versus o tempo, em segundos.	38
3.15	Gráfico da distância das marcas , em milímetros, sob influência dos horários e do horário correto	39
3.16	Gráfico do sexo versus a distância do centro , em milímetros.	40
4.1	Comunicação entre os três serviços do Sistema aNOTE: <i>iPocket</i> , <i>iServer</i> e <i>iPublic</i>	45
4.2	Telas do <i>iPocket</i> . Esquerda: seleção do curso e da aula. Centro: seleção de um <i>slide</i> já existente. Direita: ferramentas e região de escrita de anotações.	46
4.3	Telas do <i>iPocket</i> . Esquerda: criação de um link para o primeiro <i>slide</i> . Direita: exibição das opções de envio da anotação: por cabo, infravermelho ou rede <i>wireless</i>	46
4.4	Cenário de uso do aNOTE utilizando um ponto de acesso da rede <i>wireless</i> . Anotações geradas nos PDAs são enviadas pela rede (representada pela nuvem) para a lousa e vice-versa.	47

Lista de Tabelas

3.1	Análise da variância para o tempo	38
3.2	Análise da variância para a distância das marcas	39
3.3	Análise da variância para a distância das marcas sob influência da relação entre a corretude do borário e a ordem em que são feitos.	39
3.4	Análise da variância para a distância do centro	40
3.5	Regressão logística.	41

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Motivação	2
1.3	Objetivo	4
1.4	Estrutura	4
2	Computação Ubíqua	7
2.1	Considerações Iniciais	7
2.2	Interfaces Naturais	8
2.3	Computação Ciente de Contexto	10
2.4	Captura e Acesso a Informações	13
2.5	Considerações Finais	21
3	Anotações com Área de Escrita	
	Ampliada	23
3.1	Considerações Iniciais	23
3.2	Mecanismo de Rolagem de Textos em PDAs	25
3.2.1	Planejamento	26

3.2.2	Execução do Experimento	28
3.2.3	Análise dos Resultados	31
3.3	Avaliação da Orientação Espacial	33
3.3.1	Planejamento	34
3.3.2	Execução do Experimento	35
3.3.3	Análise dos Resultados	36
3.4	Considerações Finais	41
4	Anotações em PDAs Integradas ao Projeto InCA-SERVE	43
4.1	Considerações Iniciais	43
4.2	Apresentação do Sistema <i>aNOTE</i>	45
4.3	Armazenamento das Anotações	49
4.3.1	Armazenamento Privado	49
4.3.2	Armazenamento Público	51
4.4	Apresentação das Anotações na Web	55
4.5	Considerações Finais	57
5	Conclusão	59
5.1	Considerações Iniciais	59
5.2	Resultados e Contribuições	60
5.3	Trabalhos Futuros	61
	Bibliografia	68

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

A computação está cada vez mais presente em atividades cotidianas, seja no trabalho, na área acadêmica ou em nossa própria casa. A idéia do termo “computação ubíqua” é que os dispositivos computacionais estejam integrados nesses ambientes de modo transparente, provendo serviços para auxiliar os usuários na realização de suas tarefas. Dessa forma, observamos que a computação assume um comportamento onipresente, estando ao mesmo tempo em toda a parte. Em outras palavras, a computação ubíqua pode ser encarada sob um ponto de vista oposto ao da realidade virtual: enquanto esta introduz as pessoas em um mundo criado por computador, a computação ubíqua força os computadores a se adaptarem ao mundo real [Weiser, 2004].

A computação ubíqua foi concebida em 1988 pelo pesquisador Mark Weiser do Xerox PARC, embora as primeiras publicações na área datem de 1991. Weiser estava interessado em explorar novos paradigmas de interação, tornando os computadores efetivamente invisíveis para o usuário. Esse tema influenciou muitos pesquisadores das ciências de computação no desenvolvimento de trabalhos relacionados a componentes de hardware, protocolos de rede, mecanismos de interação usuário-computador e privacidade. De fato, na última década presenciamos a proliferação de dispositivos computacionais ubíquos de diversos tamanhos: pequenos e pessoais (*inch-scale*), de médio porte (*foot-scale*) e grandes e de uso coletivo

(*yardscale*). Dispositivos móveis tais como PDAs (*Personal Digital Assistants*)¹, *tablets* digitais e *laptops* tornaram-se comuns no final da década de 90. Da mesma forma, dispositivos maiores, como lousas eletrônicas, passaram a fazer parte de ambientes de uso comum, tais como salas de reuniões, salas de aula e laboratórios. Além desses, hoje em dia são usados dispositivos que extrapolam as escalas inicialmente previstas por Weiser. São os chamados *wall-sized*, abrangendo, por exemplo, paredes inteiras cujas superfícies são monitoradas por sensores (*mimios*)².

Alguns desses dispositivos, como PDAs, lousa eletrônica e *mimios*, estão sendo explorados pelo Projeto InCA-SERVE. Esse projeto é resultante de uma parceria entre o *Georgia Institute of Technology* (GATECH), sob coordenação do Dr. Gregory Abowd, e o ICMC-USP, onde é coordenado pela orientadora deste trabalho, com apoio financeiro da *National Science Foundation* (NSF), nos EUA, e do CNPq e FAPESP, no Brasil [Pimentel e Abowd, 1999].

O Projeto InCA-SERVE envolve a construção de duas infra-estruturas: InCA (*Infrastructure for Capture and Access*) e SERVE (*Infrastructure for Store, Extend, Retrieve and Visualize Evolutionary Information*). A primeira provê serviços para captura e acesso às informações associadas a experiências diárias para vários domínios. A segunda está sendo definida baseando-se em um conjunto de aplicações Web independentes e complementares, integradas através de APIs. Além disso, essa infra-estrutura está sendo implementada através da construção de serviços Web (*Web Services*) que suportam atividades de ensino e de reuniões no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP) e no GATECH.

Este trabalho se insere no contexto do Projeto InCA-SERVE, tanto buscando apoiar as atividades cotidianas de um usuário em particular quanto provendo flexibilidade de comunicação entre um conjunto de usuários de modo geral.

1.2 Motivação

Recentemente, temos observado um grande interesse em dispositivos computacionais portáteis como os PDAs e os celulares. Sua forma reduzida faz com que esses dispositivos tenham

¹Como exemplo, podemos citar os dispositivos portáteis das plataformas *Palm* e *PocketPC*

²<http://www.mimio.com>

algumas vantagens como portabilidade, baixo consumo de energia e capacidade para serem utilizados em qualquer lugar, a qualquer momento. No entanto, a limitação da tela representa problemas para usuários, que têm dificuldade em visualizar e interagir com uma quantidade de informações que extrapola o tamanho da tela do dispositivo [Yee, 2003].

Devido às limitações da tela, os PDAs possuem alguns mecanismos de rolagem (*scrolling*) para prover acesso a informações que não são visíveis inicialmente. Geralmente, observamos a presença de botões no próprio dispositivo para movimentação vertical, e barras de rolagem em telas sensíveis ao toque. Por exemplo, uma técnica padrão para visualização de mapas e fotografias é empregar a caneta do dispositivo para arrastar a imagem para a posição desejada. Porém, a tarefa de rolagem pode ser lenta quando a navegação é feita em documentos longos, uma vez que os usuários devem pressionar ou mover um botão várias vezes para cobrir grandes distâncias. Além disso, usar mecanismos de rolagem com barras ou com canetas obriga o usuário a interromper a interação corrente com a caneta e a desviar sua atenção para as manobras de rolagem.

Não obstante, esses dispositivos têm várias aplicações, incluindo gerenciamento de tarefas de agendamento, armazenamento de dados e acesso e disseminação de informações. Além disso, existem programas que permitem a leitura e a edição de livros eletrônicos (*e-books*) para a maioria dos dispositivos pessoais. Isso significa que os PDAs também podem ser usados para ler e interagir com textos eletrônicos, podendo, inclusive, ser explorados como ferramentas de ensino [Waycott e Kukulska-Hulme, 2003]. Os PDAs podem ser aplicados em bibliotecas, museus, no trabalho, em salas de aula, ou mesmo dentro de casa.

Contando com a infra-estrutura de hardware e software do Projeto InCA-SERVE, investigamos mecanismos para aplicar os PDAs em ambientes de ensino de modo a fornecer uma ferramenta de anotação que promova a colaboratividade nesses ambientes.

Dadas as limitações de tela inerentes aos dispositivos portáteis, projetamos e implementamos um sistema que simula uma área de anotações retangular maior do que a tela de PDAs. Com isso, surgiu a necessidade de prover um mecanismo efetivo de rolagem de textos durante a realização de anotações nesses dispositivos. Para esse caso, consideramos que a velocidade de anotação é um fator importante principalmente durante atividades ao vivo, como em uma

sala de aula, e, portanto, torna-se essencial que anotações sejam feitas de modo livre.

Na etapa final do desenvolvimento deste trabalho, utilizamos um PDA de última geração, da plataforma *PocketPC* — iPAQ modelo H5500 [iPAQ, 2003] — que possui um sistema de anotações cujo mecanismo de rolagem apresenta semelhanças ao desenvolvido durante este trabalho. A diferença é que nosso sistema é capaz de simular as dimensões de um caderno convencional e que a rolagem pode ser feita nas direções horizontal e vertical, enquanto que o iPAQ utiliza apenas a rolagem na vertical. O PDA em questão foi adquirido em função do projecto HP (*Hewlett-Packard*) junto à USP [Masiero et al., 2003].

1.3 Objetivo

Para explorar o uso de dispositivos computacionais móveis e ubíquos, surgiram novas aplicações cujo desenvolvimento está associado a três temas que concentram o foco de pesquisa na área de computação ubíqua: interfaces naturais, captura e acesso a informações capturadas em experiências ao vivo e computação ciente de contexto [Abowd e Mynatt, 2000]. Este trabalho abrange os aspectos relacionados aos dois primeiros temas.

Em relação a interfaces naturais, o objetivo é avaliar o impacto causado pelo esquema de rolagem utilizado em nosso sistema, bem como conhecer os aspectos relacionados à localização espacial dos usuários, visto que a área de anotação é maior que a tela do dispositivo.

Em relação ao segundo tema, o objetivo é integrar nosso sistema com a infra-estrutura de captura e acesso do Projeto InCA-SERVE. Com isso, anotações podem ser anexadas aos dados (imagem, áudio e vídeo) gerados durante uma sessão de captura (aula, reunião ou palestra).

1.4 Estrutura

Esta dissertação encontra-se organizada da seguinte forma. No Capítulo 2 apresentamos com mais detalhes os temas relacionados à computação ubíqua e as pesquisas existentes na área. No Capítulo 3 abordamos o planejamento, a execução e a análise dos resultados de dois experimentos conduzidos para avaliar tanto o mecanismo desenvolvido para rolagem

automática de textos durante anotações em PDAs quanto o impacto causado pela utilização de uma área virtual que extrapola o tamanho da tela desses dispositivos. No Capítulo 4 apresentamos os estudos de integração deste trabalho com o Projeto InCA-SERVE e os aspectos de implementação do sistema de anotações utilizando PDAs. Finalmente, no Capítulo 5 são tecidas as conclusões finais e apresentados os trabalhos futuros.

Capítulo 2

Computação Ubíqua

2.1 Considerações Iniciais

Pesquisas na área de computação ubíqua iniciaram-se em 1988 no Xerox PARC (*Palo Alto Research Center*) [Weiser, 1993]. Naquela época, havia interesse na investigação de ambientes computacionais que seriam utilizados na próxima geração da computação.

A proposta era direcionada à utilização de vários computadores interligados sem fio, com os quais cada pessoa realizaria interações de modo transparente, isto é, a interação deveria acontecer sem a utilização explícita de um computador. Com isso, surgiu a necessidade de novos tipos de computadores, de diferentes formas e tamanhos, mas com capacidade e potência razoáveis. Para tais computadores, surgiram novas aplicações e novos paradigmas de interação inspirados pelo amplo e crescente acesso a informações.

Aplicações desse tipo foram agrupadas de acordo com suas características comuns em três temas por [Abowd e Mynatt, 2000], da seguinte forma: interfaces naturais (discutidas na Seção 2.2), computação ciente de contexto (apresentada na Seção 2.3) e captura e acesso a informações (introduzidas na Seção 2.4). Na Seção 2.5 são apresentadas as considerações finais a respeito desses temas e sua importância no contexto deste trabalho.

2.2 Interfaces Naturais

A computação ubíqua inspira o desenvolvimento de aplicações cujo objetivo é a não utilização do paradigma convencional (teclado, *mouse* e *display*). Dessa forma, esforços são concentrados na construção de aplicações capazes de explorar o modo com que os humanos interagem com o mundo físico. Humanos falam, gesticulam e escrevem para se comunicarem entre si. Ações naturais como essas poderiam ser usadas, explícita ou implicitamente, como entrada para sistemas ubíquos [Abowd e Mynatt, 2000].

Nos últimos anos, surgiram vários sistemas e dispositivos capazes de suportar formas naturais de comunicação (reconhecimento de escrita, voz e gestos). Esses sistemas são caracterizados pela facilidade de aprendizagem e de uso e também são utilizados por pessoas que apresentam dificuldades de manuseio de teclado e *mouse*. No entanto, ainda são necessários mecanismos robustos para reconhecimento e tratamento de erros relacionados às novas interfaces.

Higel [Higel et al., 2003] propõe a utilização de uma interface unificada para dispositivos com os quais usuários geralmente interagem. O sistema desenvolvido por Higel, denominado *TSUNAMI*, monitora implicitamente informações de usuários, tais como gestos ou comentários, e as utiliza para prever que tipo de assistência o usuário requer. Vários tipos de origem produzem dados para esse sistema. Sensores dispersos pelo ambiente fornecem dados sobre manipulação de objetos, gestos ou voz. Calendários agregam informações de tempo. A biografia do usuário auxilia a predição de fatos, baseando-se em preferências e comportamentos prévios. Lousas eletrônicas e interfaces tradicionais permitem que a entrada de dados seja feita de maneira não ambígua. Uma vez que a predição esteja formada, uma requisição é construída e enviada para um serviço adaptativo, de modo que uma solução possa ser preparada.

Interfaces naturais também podem ser aplicadas na área militar. Flippo [Flippo, 2003] desenvolveu um sistema para controle de veículos robotizados que geralmente são utilizados em áreas onde há grande incidência de explosivos subterrâneos. Esses veículos podem ser operados remotamente ou podem trabalhar com autonomia. No primeiro caso, a interface de controle do veículo utiliza processamento de linguagem natural e outras modalidades como

visão e reconhecimento de gestos.

Na tentativa de permitir a manipulação direta de objetos reais e projetados, Nakanishi et al. [Nakanishi et al., 2002] desenvolveram o *EnhancedDesk*, um sistema com características inovadoras, incluindo rastreamento rápido e preciso da posição das mãos e dos dedos, e o cadastramento e reconhecimento de objetos com gestos manuais. O *EnhancedWall*, outro sistema desenvolvido pelo grupo de pesquisa de Nakanishi, é constituído por mecanismos de rastreamento de faces e por aplicações responsáveis pela interatividade com o usuário (Figura 2.1). Quando projetadas na parede, essas aplicações permitem que o usuário especifique informações de interesse, exibindo determinados itens com maior ou menor detalhamento.

Figura 2.1: *EnhancedWall*: *display* interativo utilizando mecanismos de rastreamento de faces.

A maioria dos projetos requer que o usuário dirija sua atenção para a interface, o que pode comprometer aspectos de usabilidade em ambientes que possuem muitos dispositivos. Os *Ambient Displays* são exemplos de sistemas que não possuem essa propriedade, ou seja, eles são projetados para conduzir informações que o usuário pode ou não desejar obter em um determinado momento. *Ambient Displays* se caracterizam por trabalharem na periferia da atenção do usuário, movendo-se para o centro apenas quando apropriado ou desejado.

O *Information Percolator* [Heiner et al., 1999] é um exemplo de *Ambient Display*. Trata-se de um conjunto de tubos transparentes de água, dentro dos quais são liberadas bolhas de ar em quantidades e em momentos diferentes, formando imagens que podem ou não conduzir informações relevantes para os usuários (Figura 2.2). Esses objetos podem ser, portanto, considerados instrumentos decorativos, esteticamente interessantes para serem colocados em

diversos tipos de ambientes.

Figura 2.2: *AmbientDisplay*: tubos com água exibindo a palavra “UIST”.

Muitas das abordagens utilizadas em interfaces naturais utilizam informações contextuais. Os trabalhos de Higel e Nakanishi evidenciam esse fato. De um modo geral, os *Ambient Displays* também são projetados para conduzir informações de contexto para os usuários. Na próxima seção, apresentamos como essas informações podem influir no comportamento de sistemas de acordo com o conhecimento do ambiente.

2.3 Computação Ciente de Contexto

De acordo com Dey [Dey, 2001], contexto¹ é qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar, ou um objeto considerados relevantes para a interação entre o usuário e a aplicação. Um sistema é ciente de contexto se usar contexto para prover informação ou serviços para um usuário.

Esse tema envolve o desenvolvimento de aplicações que levam em consideração uma coleção de informações de contexto e permite um comportamento dinâmico de sistemas de acordo com o conhecimento do ambiente. Localização é um tipo de informação de contexto

¹Nesta dissertação, o termo “contexto”, definido por Dey, será empregado para denotar “informações de contexto”.

utilizada, por exemplo, no desenvolvimento de sistemas baseados na navegação por GPS (*Global Positioning System*). No entanto, devem ser utilizados outros tipos de informações para se representar um contexto, embora muitas aplicações utilizem apenas identificação de usuário e local. Conhecimentos sobre o tempo, o histórico (recente ou antigo) e outras pessoas presentes em um ambiente representam algumas dessas informações.

Beigl et al. [Beigl et al., 2002] defendem a idéia de que a localização é um dos elementos de contexto mais importantes na computação ubíqua. Como resultado, esses pesquisadores desenvolveram um modelo de localização ciente do espaço. Trata-se de uma infra-estrutura que pode ser adaptada tanto em dispositivos de alta capacidade quanto em pequenos sistemas computacionais embutidos em objetos do dia-a-dia. O protótipo *MediaCup*, por exemplo, pode ser embutido em xícaras de chá equipadas com ferramentas que realizam comunicação, sensoramento e processamento (Figura 2.3 da esquerda). Dessa forma, uma xícara é capaz de prover informações sobre seu estado — “alguém está bebendo” ou “estou quente” — para outro objeto que esteja por perto. O *MemoClip* [Beigl, 2000] é outra aplicação construída por Beigl e pode ser embutida em pequenos grampos presos à roupa (Figura 2.3 da direita). O objetivo é informar o usuário do objeto sobre as atividades que devem ser feitas dependendo do local onde se encontra.

Figura 2.3: Esquerda: *MediaCup*, ilustração de um artefato digital. Direita: *MemoClip*, um grampo preso à roupa que procura por informações de localização do usuário.

Em 1999, pesquisadores do GATECH deram início à construção da *Aware Home* (Figura 2.4), um ambiente dotado de dispositivos e serviços computacionais com capacidade para reconhecer informações sobre si mesma e sobre a localização e as atividades de seus habitantes

[Kidd et al., 1999]. Por exemplo, existem sensores adaptados no solo que podem identificar e rastrear indivíduos em uma grande área. São várias as aplicações para a tecnologia de sensores, incluindo suporte para idosos ou para encontrar objetos perdidos.

Figura 2.4: *Aware Home*: residência utilizada como laboratório para pesquisas de computação ubíqua.

Entretanto, o progresso na área de sensores precisa ser acompanhado pelo desenvolvimento rápido de aplicações que utilizam informações sensoriais. Nesse sentido, Salber et al. [Salber et al., 1999] desenvolveram uma infra-estrutura de software para auxiliar a construção de aplicações cientes de contexto. Trata-se do *Context Toolkit*, um conjunto de ferramentas baseado no conceito de *widgets* de contexto². Tais como *widgets* de interface estão entre a aplicação e o usuário, os *widgets* de contexto estão localizados entre a aplicação e seu ambiente de operação e, além disso, possuem características de ocultar a complexidade dos sensores utilizados pela aplicação, de abstrair informações de contexto e de prover reusabilidade.

O *Context Toolkit* foi utilizado nos trabalhos de Covington et al. [Covington et al., 2001] durante o desenvolvimento de um modelo de controle de acesso, visando a segurança de aplicações cientes de contexto. No caso da *Aware Home*, políticas de segurança podem restringir o acesso a informações ou recursos de acordo com vários fatores, incluindo atributos sobre o indivíduo — adultos ou crianças, proprietários ou hóspedes —, ou sobre o ambiente — temperatura ou horário. Existem vários cenários de uso de políticas de segurança, contanto que existam informações relevantes em um ambiente que possam ser capturadas e usadas

²Componentes de software que provêem informações de contexto para aplicações em um determinado ambiente de operação.

para restringir o acesso a recursos do sistema.

Uma outra aplicação que utiliza o *Context Toolkit* é o *Family Intercom* [Nagel et al., 2001]. O protótipo inicial foi instalado na *Aware Home* com o objetivo de explorar informações de contexto para dar suporte à comunicação dentro da própria casa entre membros de uma família. O modo de interação com a aplicação é por meio de voz e, portanto, existem equipamentos de áudio espalhados pela casa, incluindo alto-falantes, microfones sem fio e comutadores, além de sistemas de posicionamento. O segundo protótipo foi construído para explorar a comunicação entre famílias de casas distintas. Nesse cenário, existem monitores sensíveis ao toque (com formato semelhante ao de um porta-retrato), equipamentos de áudio e um sistema para identificação de indivíduos. Através do porta-retrato digital, os membros de uma família se comunicam entre si e são capazes de perceber informações contextuais sobre a qualidade de vida de seu parente (Figura 2.5). Por exemplo, condições do ambiente, relacionamento com outras pessoas, atividades físicas e ocorrência de eventos especiais [Mynatt et al., 2001] são informações que podem indicar o bem-estar de uma pessoa idosa.

Figura 2.5: *Family Intercom*: porta-retrato utilizado para comunicação entre famílias em casas distintas.

2.4 Captura e Acesso a Informações

Uma das características de ambientes de computação ubíqua é sua utilização visando a captura de experiências do cotidiano e tornando os registros disponíveis para acesso pelos usuários-finais [Abowd, 1999]. De fato, na maior parte do tempo, as pessoas encontram-se registrando, com maior ou menor precisão, os eventos que estão a sua volta. Posteriormente, de acordo com a necessidade do usuário, deseja-se que parte das informações possam ser

recuperadas. Nesse sentido, a utilização de ferramentas especializadas na tarefa de registrar informação possibilita que as pessoas se concentrem na síntese e compreensão da experiência propriamente dita, com total confiança de que os detalhes estão sendo registrados e serão disponibilizados para futuras consultas.

As experiências do cotidiano podem ser vistas como geradoras de rico conteúdo multimídia. Prover mecanismos automatizados para a captura, integração e acesso a esses registros multimídia é um dos desafios da computação ubíqua.

O Projeto *eClass*, originariamente desenvolvido no GATECH, investiga a utilização de computação ubíqua para a captura de informações em ambientes de salas de aula convencionais, de modo a permitir a produção automática de documentos hipermídia que refletem o conteúdo capturado e a apresentação desse material através da Web [Abowd et al., 1998a] [Abowd et al., 1998b] [Brotherton e Abowd, 1998] [Brotherton et al., 1998].

O *eClass* é constituído por duas infra-estruturas: uma de hardware e outra de software. A infra-estrutura de hardware, presente em uma sala de aula instrumentada, consiste tipicamente de uma lousa eletrônica (*whiteboard*), projetores, microfones e câmera de vídeo. Na Figura 2.6 apresentamos a sala protótipo inicial, em operação no GATECH desde Janeiro de 1997. Nessa sala estão presentes uma lousa eletrônica (A), uma câmera de vídeo (B), vários microfones embutidos no forro (C) e dois projetores (D e E), tudo operando sincronizadamente através de um conjunto de módulos de software cliente-servidor.

Figura 2.6: Sala de aula instrumentada.

A infra-estrutura de software, referenciada como *Zen* system*, é responsável pela captura e sincronização dos fluxos de informação durante cada sessão ao vivo. Suas tarefas incluem ainda a geração dos documentos associados quando a sessão é encerrada. Como resultado desse processo, poucos minutos após a conclusão da sessão, um hiperdocumento Web é automaticamente gerado e disponibilizado para acesso [Pimentel et al., 2000].

As experiências adquiridas através da criação da infra-estrutura do Projeto *eClass* permitiram aos pesquisadores do GATECH a elaboração de um sistema cliente-servidor, chamado *StuPad* [Truong e Abowd, 2004]. Neste sistema, é utilizada uma abordagem para a personalização de captura de experiências públicas. Para tanto, são fornecidos aos alunos computadores sensíveis ao toque de caneta (*tablets*) para anotações pessoais. Depois de cada aula, as anotações pessoais são automaticamente ligadas³ ao áudio gravado previamente durante a aula. Esse sistema está representado na Figura 2.7. Na imagem (A), a lousa eletrônica captura os *slides* e as anotações do professor e o *tablet* captura as anotações do aluno. Na imagem (B), é apresentada uma ampliação do *slide* da lousa eletrônica. A imagem (C) contém uma cópia dos *slides* da lousa que foram automaticamente integrados com as anotações pessoais do estudante.

Figura 2.7: O sistema StuPad usado em sala de aula.

O *NotePals* [Davis et al., 1999] é outro sistema responsável por capturar anotações de membros de um grupo, bem como algumas informações sobre o contexto no qual essas

³As anotações são índices para o fluxo de áudio.

anotações foram escritas, tais como o autor, o tópico e a hora em que elas foram criadas. Após a captura, as anotações são armazenadas em um repositório compartilhado que pode ser acessado através de um navegador convencional pelos membros do grupo. Tais navegadores permitem aos membros reaverem todas as anotações tomadas em um dado contexto, ou acessá-las através de outros documentos ou anotações relacionados.

Como temos observado, os sistemas citados anteriormente podem ser aplicados a ambientes educacionais e de reunião, mas também existem aqueles que são voltados para ambientes de conferência. Um exemplo é o *Conference Assistant* [Dey et al., 1999], uma aplicação de captura e acesso que permite aos usuários a realização de anotações nos locais de apresentações, demonstrações ou reuniões de grupos de interesse. Para tanto, são fornecidos PDAs aos participantes para uso durante a conferência. Ao término desta, as anotações de cada participante podem ser integradas com as apresentações previamente capturadas. Além de se comportar como uma aplicação de captura e acesso, o *Conference Assistant* também agrega informações de contexto, isto é, apresentações são capturadas e rotuladas de acordo com o local em que foram realizadas.

Embora haja muitas demonstrações de aplicações de captura e acesso, construí-las e mantê-las não é uma tarefa trivial. Constituídas de uma confederação de componentes que precisam trabalhar juntos de maneira harmoniosa, essas aplicações geralmente consomem muito tempo de implementação e requerem familiaridade, senão mesmo *expertise*, em uma grande variedade de domínios de problema, por exemplo, sistemas distribuídos, sistemas hipermídia, programação concorrente e computação móvel.

Devido a sua natureza distribuída e ao grande número de dispositivos envolvidos, a construção de aplicações de captura e acesso constitui-se em um desafio à parte e é, geralmente, feita de maneira *ad hoc*, objetivando um uso específico e desconsiderando propostas de extensão e reuso. O *eClass* é um exemplo de aplicação de captura e acesso construído segundo essa abordagem. De acordo com Truong [Truong e Abowd, 2004], é necessário um modelo de desenvolvimento que permita a prototipação rápida de uma aplicação de captura e acesso, sua implantação e sua modificação de acordo com uma realimentação contínua por parte da comunidade de usuários. As ferramentas desse modelo devem suportar aspectos de estruturação de software, correta separação de interesses (*separation of concerns*) e técnicas

de integração de componentes de software para uma grande variedade de dispositivos e sistemas operacionais. Outro aspecto importante na construção de aplicações de captura e acesso refere-se ao espaço de projeto. Truong et al. [Truong et al., 2001] definem cinco dimensões para o projeto de aplicações de captura e acesso:

- (*Who*) Quem são os usuários durante as fases de captura e acesso? É importante identificar quantos usuários estão envolvidos, quais os seus papéis no domínio da aplicação e se os registros capturados são públicos, privados ou uma combinação de ambos;
- (*What*) O que é capturado e acessado? Define-se a experiência em termos dos artefatos manipulados e dos fluxos de informação gerados, quais são importantes para consulta futura e em que nível de granulosidade;
- (*When*) Quando a captura e o acesso ocorrem? Deve-se identificar com que frequência a captura e o acesso ocorrem, se há algum padrão passível de previsão e o tempo que se passará entre a experiência capturada e o acesso;
- (*Where*) Onde a captura e o acesso ocorrem? São considerados aspectos de localização física e de mobilidade durante a captura e o acesso;
- (*How*) Como são feitos a captura e o acesso? Identificam-se quais ferramentas e dispositivos são necessários para a fase de captura e para a fase de acesso.

A *INCA* (*Infrastructure for Capture & Access Applications*) é uma infra-estrutura de software, escrita em linguagem Java, projetada para simplificar a implementação de aplicações de captura e acesso [Truong e Abowd, 2004]. Sua arquitetura busca abstrair a natureza distribuída de sistemas de computação ubíqua separando aspectos pertinentes à captura, armazenamento, conversão, integração e acesso à informação.

O Projeto *InCA* baseia-se no fato de que aplicações de captura e acesso apresentam muitas similaridades arquiteturais: parte do sistema é responsável pela captura da informação; parte do sistema é responsável pelo armazenamento da informação capturada; quando múltiplos fluxos de informação são capturados ao mesmo tempo, parte do sistema é responsável pela integração dos pedaços de informação correlatos; quando parte da informação precisa ser

convertida para diferentes formatos ou tipos de dados, alguma parte do sistema precisa prover um mecanismo de conversão; e parte do sistema é responsável pelo acesso à informação capturada. A existência dessas similaridades sugere que parte do projeto de aplicações de captura e acesso possa ser modularizado. A *INCA* provê suporte para cada uma das fases envolvidas (captura, armazenamento, integração, conversão e acesso) através de módulos. Cada um dos módulos consiste de uma classe para dispositivos e aplicações que implementam uma respectiva interface. Assim, para implementar a parte do sistema responsável pela captura, é necessário também implementar a interface de captura (*Capturer*) e possuir uma instância do módulo de captura (*CaptureModule*).

A *xINCA* (*Extended Infrastructure for Capture & Access Applications*) é uma extensão da infra-estrutura *INCA* e oferece um conjunto de componentes, cada um responsável por uma funcionalidade específica, dentre as citadas acima, no contexto de aplicações de captura e acesso [Cattelan et al., 2003]. A infra-estrutura *xINCA* foi projetada como uma camada acima da infra-estrutura *INCA*, utilizando-se dos módulos e paradigmas de abstração da mesma.

Usando a infra-estrutura *xINCA*, uma nova aplicação de captura e acesso é construída através da instanciação e do agrupamento dos componentes desejados. Componentes de uma mesma classe comunicam-se através de um número de identificação de sessão. Uma sessão caracteriza um período de interação entre componentes *xINCA* e deve possuir um identificador único durante seu tempo de duração. Novas instâncias dos componentes *xINCA*, constituintes das aplicações, podem ser adicionadas e removidas a qualquer instante durante a vida útil de uma sessão.

Os componentes *xINCA* possuem instâncias dos módulos *INCA* de captura, de acesso, ou de ambos. Esses módulos são registrados, segundo seu identificador de sessão e em tempo de execução, em um componente de registro (*Registry*) da infra-estrutura *INCA*, o qual pode ou não ser remoto. Componentes *xINCA*, dotados de módulos *INCA*, estão habilitados a trocar informação entre si desde que estejam registrados em um mesmo *Registry* sob um mesmo identificador de sessão.

Na Figura 2.8 é ilustrado, em linhas gerais, o fluxo de comunicação entre componentes

xINCA para duas sessões simultâneas. No lado esquerdo, encontra-se uma aplicação (App #1) de captura e acesso com dois componentes *xINCA*, um para *chat* e outro para *whiteboard*. No lado direito superior, encontra-se uma aplicação (App #2) de captura e acesso com um componente *xINCA* para *chat*. Por fim, no lado inferior direito, há uma aplicação de acesso com um componente *xINCA* para *whiteboard* (App #3). Os componentes *chat* da App #1 e da App #2 estão registrados sob o mesmo identificador de sessão (Sessão #1), ou seja, possuem um canal de comunicação ativo e são capazes de trocar informação. Da mesma forma, os componentes *xINCA* para *whiteboard* da App #1 e da App #3 também estão registrados sob um mesmo identificador de sessão (Sessão #2) e trocam informação. Especificamente para esse caso, a comunicação é unidirecional, pois a App #1 apenas captura informação e a App #3 apenas acessa a informação capturada. Atualmente, os componentes *xINCA* existentes são os de *whiteboard*, *chat*, áudio, vídeo e *web logging*⁴.

Figura 2.8: Comunicação entre os componentes *xINCA* de *whiteboard* e *chat*.

Vale ressaltar que o acesso às informações capturadas fornecido pela infra-estrutura *xINCA* é do tipo síncrono apenas. Cabe à aplicação armazenar informações capturadas para acesso posterior. O serviço denominado *StRES* (*Storing, Retrieving and Extending Service*) provê tal suporte [Baldochi et al., 2003]. Esse serviço tem como objetivo propor um modelo de armazenamento que contemple a característica evolucionária das informações manipuladas por aplicações de captura e acesso. Trata-se de um serviço ubíquo que visa favorecer o de-

⁴Consiste no armazenamento dos endereços das páginas visitadas durante uma sessão de captura.

envolvimento de aplicações desse tipo. O *StRES* é resultado da implementação de diversos módulos (sub-serviços) integrados em uma arquitetura capaz de oferecer às aplicações acesso transparente a um repositório de informações evolucionárias, estendendo, dessa forma, a arquitetura básica da *INCA*, segundo a qual cabe às aplicações gerenciar o armazenamento, recuperação e extensão do material capturado.

A *xINCA* serviu de base para a construção do Sistema *iClass*⁵, visando a captura de aulas em ambiente instrumentado [Cattelan et al., 2003]. O *iClass* é uma extensão do *eClass* e consiste basicamente de uma *applet* Java incluindo componentes *xINCA* de captura, de acordo com a funcionalidade desejada (*whiteboard*, áudio e vídeo). As informações produzidas durante uma aula, como *slides*, anotações ou áudio são armazenadas pelo *StRES* em um repositório comum, de forma que o material possa ser revisitado posteriormente a partir da Web. Na Figura 2.9 ilustramos uma aula sendo gravada no ICMC-USP através de uma lousa eletrônica. Podemos observar um *slide* projetado na lousa e as anotações (traços) feitas sobre ele. Tanto os *slides* quanto as anotações fazem parte e são controlados pelo componente *xINCA* de *whiteboard*.

Figura 2.9: Captura de uma aula pelo Sistema *iClass*.

No Capítulo 4 apresentamos mais detalhes sobre as fases que compõem o Sistema *iClass* e sobre o esquema de armazenamento utilizado pelo *StRES*, uma vez que este trabalho está integrado com os módulos desse serviço. Na próxima seção abordamos as considerações finais deste capítulo.

⁵<http://iclass.icmc.usp.br>

2.5 Considerações Finais

Aplicações de computação ubíqua compartilham várias características funcionais. Há um grande esforço para que essas aplicações suportem mecanismos de transparência de interação, adaptem seu comportamento de acordo com as mudanças de contexto e forneçam serviços automatizados para captura de experiências ao vivo e acesso às informações capturadas.

Em paralelo, temos observado um grande avanço no número de componentes de hardware de custo e tamanho reduzidos, favorecendo a criação de novos produtos embutidos em objetos convencionais do dia-a-dia. Enquanto o uso ubíquo da computação pode trazer benefícios, ao mesmo tempo ele impõe novos desafios no projeto de interfaces e de aplicações responsáveis por capturar informações contextuais. Isso leva a uma mudança na relação existente entre humanos e computadores. Ao fornecer modelos de interação contínua com o computador, a computação ubíqua transforma os dispositivos em uma ferramenta de presença constante no ambiente.

Este trabalho está apoiado nos conceitos da computação ubíqua, mais precisamente sobre os temas de interfaces naturais e captura e acesso a informações. Em relação a interfaces naturais, desenvolvemos um mecanismo de rolagem de texto para auxiliar a tomada de anotações, realizamos um experimento controlado com usuários e avaliamos esse mecanismo segundo técnicas de avaliação padrão de HCI. Além disso, também avaliamos o impacto causado pela utilização de uma área de anotações maior que a tela de PDAs através de um segundo experimento. Os detalhes do planejamento desses experimentos, os resultados e as conclusões são discutidos no próximo capítulo.

Capítulo 3

Anotações com Área de Escrita Ampliada

3.1 Considerações Iniciais

O uso de dispositivos portáteis, como os PDAs, traz muitas vantagens que auxiliam os usuários na realização de tarefas do dia-a-dia. Para citar alguns exemplos, o uso de PDAs foi relatado em hospitais [Muñoz et al., 2003], permitindo que os usuários enviem mensagens e acessem serviços quando e onde for necessário; em salas de aula [Tatar et al., 2003], aumentando a interação dos alunos com dados e idéias; e em jogos educacionais para o aprendizado de artes e história [Bellotti et al., 2003].

Recentemente, investigações têm sido feitas para avaliar usuários quanto ao acesso a informações em dispositivos com tela pequena. Jones et al. [Jones et al., 2003] conduziram um experimento para avaliar a interação de usuários com uma interface de busca na Web e chegaram à conclusão de que o tempo para se completar uma tarefa de busca em uma interface para celular foi maior que o tempo em PDAs, que, por sua vez, foi maior que o tempo em um computador pessoal (PC) convencional. Com esse resultado, os autores propuseram algumas *guidelines* para melhorar interfaces de busca e algumas idéias para representação mais adequada de resultados de busca em PDAs. Um trabalho semelhante

foi conduzido por Watters et al. [Watters et al., 2003] na tentativa de avaliar o esforço e o desempenho de buscas por dados em tabelas que são consideravelmente maiores que a tela do dispositivo.

Outros trabalhos investigam o processo de leitura em telas pequenas, utilizando técnicas como o *RSVP* (*Rapid Serial Visual Presentation*), que permitem apresentações dinâmicas de textos como blocos de palavras. Öquist e Goldstein [Öquist e Goldstein, 2003] relatam um estudo de usabilidade com 16 usuários e discutem algumas abordagens para um *RSVP* que se adapta ao conteúdo dos blocos de texto. Entre outros resultados, essa abordagem aumentou a velocidade de leitura e a compreensão do texto. Em relação aos trabalhos de interfaces para celular, Buchanan et al. [Buchanan et al., 2001] realizaram um estudo de caso sobre diferentes formas de rolagem de texto para leitura de manchetes na tela de celulares e propuseram algumas *guidelines* para o desenvolvimento de serviços para esses dispositivos.

A crescente utilização de PDAs induz o aparecimento de novos desafios de usabilidade a fim de torná-los mais atraentes para usuários em geral. Entretanto, o tamanho da tela é uma das limitações mais críticas desses dispositivos – em particular quando usuários têm que acessar e interagir com grande volume de informação. Conseqüentemente, a rolagem do conteúdo informativo torna-se necessária para possibilitar a visualização de toda a área de interesse, embora possa interromper a tarefa e não seja recomendada para aplicações de PCs convencionais (particularmente na Web [Nielsen, 1996]).

Yee [Yee, 2003] propôs o *Pecphole* como uma alternativa para os métodos de rolagem tradicionais. Nesse sistema, a rolagem ocorre de acordo com o movimento do próprio dispositivo, sendo que o rastreamento é realizado por equipamentos especializados. A idéia é que a mão não-dominante controle a navegação de modo que a mão dominante esteja livre para especificar as operações durante a interação. Yee realizou uma avaliação de usabilidade com 24 usuários, obtendo resultados bem sucedidos em termos da interação utilizada nas tarefas, embora tenha destacado as limitações referentes ao rastreamento dos movimentos do PDA.

Neste trabalho, elaboramos um mecanismo de rolagem automática de textos durante a realização de anotações em uma região virtual que extrapola os limites da tela dos PDAs. Como consideramos que a velocidade de anotação é um fator importante durante atividades

ao vivo, nosso objetivo neste capítulo é apresentar os resultados da aplicação de dois experimentos¹ para avaliar a aplicabilidade do mecanismo empregado. Para isso, na Seção 3.2 apresentamos as atividades envolvidas com o experimento da rolagem de textos e, na Seção 3.3, avaliamos a questão da orientação espacial do usuário na região virtual. Por fim, na Seção 3.4 apresentamos as considerações finais deste capítulo.

3.2 Mecanismo de Rolagem de Textos em PDAs

Primeiramente, vamos apresentar os aspectos da interface do sistema que desenvolvemos para a execução desse experimento. Na imagem esquerda da Figura 3.1 podemos observar os seguintes componentes da interface: (A) janela na qual anotações podem ser feitas, ou simplesmente janela de anotação; (B) título da anotação atual (*slide*); (C) miniatura da janela de anotação; (D) botão que permite alternar entre os modos de deslocamento manual² e escrita; (E) botões de navegação entre *slides*; e (F) contador de *slides*. A janela de anotação é a parte visível de uma área maior, que chamaremos de área virtual (Figura 3.1 à direita).

Figura 3.1: Esquerda: interface utilizada no experimento. Direita: ilustração da janela de anotação e da área virtual.

No modo de deslocamento manual, o usuário é capaz de navegar por toda a área virtual através de interações do tipo “arrastar e soltar”, visualizando, inclusive, as margens que delimitam o espaço de anotação. Para tentar evitar que o usuário desvie sua atenção da

¹Para a realização desse experimento contamos com a colaboração do Professor Dorival Leão Pinto Júnior.

²No decorrer deste texto, utilizaremos o termo “deslocamento” para designar a rolagem (*scrolling*) de texto.

tarefa de escrita, interrompendo-a com sucessivos deslocamentos manuais, elaboramos o mecanismo de deslocamento automático da área virtual. Assim, quando os traços da escrita se aproximam da região direita da janela de anotação, a área virtual é instantaneamente transladada para a esquerda, permitindo que a escrita se estenda por toda a linha. De acordo com a metáfora convencional dos editores de texto, quando o final da linha é alcançado, a área virtual é inteiramente deslocada para a direita, posicionando-se no início da próxima linha.

No sistema em questão, a escrita pode ser feita com a própria caneta que acompanha o dispositivo. Vale ressaltar que o deslocamento automático só acontece quando o usuário está no modo de escrita e quando a caneta está posicionada na região direita da janela de anotação. Nada acontece, portanto, se a caneta for posicionada nas regiões superior, inferior ou esquerda da tela.

3.2.1 Planejamento

Esse experimento tem como objetivo avaliar o impacto do mecanismo de deslocamento automático sobre os usuários de dispositivos portáteis, tendo em mente as seguintes questões:

- O usuário é capaz de se adaptar facilmente ao deslocamento automático?
- Qual é o tempo gasto por ele para escrever uma frase com e sem deslocamento automático?
- Existem diferenças entre usuários leigos (pouca ou nenhuma familiaridade com dispositivos portáteis) e usuários experientes?

Para responder a essas questões, definimos um conjunto de fatores de influência, ou variáveis de controle, em que a alteração dos valores produz uma saída com uma ou mais respostas observadas. São eles:

1. Tipo do deslocamento – refere-se à classificação do deslocamento (automático ou manual) utilizado pelo usuário durante a execução da tarefa;

2. Tipo de usuário – refere-se ao tipo de usuário (leigo ou experiente) que está utilizando o sistema. O usuário é classificado de acordo com sua habilidade de interação com PDAs;
3. Atividade – é o tipo de tarefa que o usuário realiza no PDA, compreendendo treinamento, preenchimento de uma curva e de três curvas e escrita livre ;
4. Ordem – diz respeito à forma em que uma atividade é iniciada, com ou sem deslocamento automático.

Existem também os fatores que vamos manter constantes. Eles até podem exercer algum efeito sobre a resposta, mas para o propósito desse experimento, não representam interesse. Portanto, eles foram mantidos em um nível específico:

1. Cor do traço – o usuário utiliza a cor vermelha para fazer os traços;
2. Espessura do traço – é a mais fina possível.

Depois que os fatores foram determinados, temos que selecionar as variáveis de resposta. Tendo em mente o objetivo desse experimento, elegemos duas variáveis de resposta:

1. Tempo – é a duração (em segundos) da tarefa. O usuário dá início a uma determinada tarefa quando encosta a caneta na tela pela primeira vez. Essa tarefa é finalizada quando o último traço é feito. O tempo decorrido entre esses dois eventos é a duração da tarefa;
2. Distância – é um indicador da precisão de escrita ou desenho do usuário. A distância é medida em *pixels* e representa o espaço existente entre traços feitos pelo usuário e traços já existentes, os quais o usuário deveria sobrepor.

Em princípio, poderíamos utilizar apenas o **tempo** como variável de resposta. No entanto, resolvemos considerar a variável **distância** para obtermos resultados mais detalhados. Utilizando apenas o **tempo**, estaríamos desconsiderando que a duração de uma tarefa pode ser reduzida caso os traços do usuário estejam suficientemente distintos daqueles que ele deveria sobrepor.

3.2.2 Execução do Experimento

O experimento foi conduzido de forma que cada usuário executasse oito tarefas distintas (tarefas de A a H). Em cada uma delas, o usuário deveria sobrepor os traços preexistentes, feitos em cor preta, a menos na tarefa de escrita livre, na qual é apresentada uma janela em branco para o usuário. Metade das tarefas (A, B, C e D) exploram o deslocamento automático sobre os mesmos traços que são utilizados pela outra metade (E, F, G e H), utilizando deslocamento manual. Por outro lado, os usuários foram submetidos em diferentes ordens aos dois tipos de deslocamento, isto é, um grupo de usuários iniciou o experimento pelas tarefas de deslocamento automático, enquanto outro grupo pelas tarefas de deslocamento manual, como detalhado adiante.

Antes de iniciarmos a primeira tarefa, apresentamos os detalhes da interface para o usuário tal como ilustrado previamente na Figura 3.1. Mais detalhes a respeito dessas tarefas são apresentados nas próximas seções.

Tarefa A

A Tarefa A consiste no treinamento do usuário com o deslocamento automático. Como podemos observar na Figura 3.2, existem três linhas horizontais estendendo-se por toda área virtual. Na imagem da direita, podemos observar um usuário percorrendo a linha mestra.

Figura 3.2: Tarefa A: treinamento do usuário. Esquerda: configuração inicial da tarefa. Direita: um usuário percorrendo as linhas mestras.

Tarefa B

Na Tarefa B, o usuário deve cobrir uma curva simples, também com deslocamento automático. Nesta tarefa, existe apenas uma curva que se estende por toda área virtual (Figura 3.3).

Figura 3.3: Tarefa B: sobrepor uma curva simples. Esquerda: configuração inicial da tarefa. Direita: um usuário percorrendo a curva.

Tarefa C

Para realizar a Tarefa C, o usuário deve sobrepor três curvas, utilizando deslocamento automático. As curvas têm comprimentos diferentes e se estendem por toda área virtual (Figura 3.4).

Figura 3.4: Tarefa C: sobrepor três curvas existentes. Esquerda: configuração inicial da tarefa. Direita: um usuário percorrendo o início da segunda curva.

Tarefa D

Na Tarefa D, apresentamos uma janela em branco e pedimos que o usuário escrevesse a frase “Feliz Natal e Próspero Ano Novo”, também com deslocamento automático. Informamos ao usuário que o deslocamento automático não necessariamente deve ser utilizado (Figura 3.5).

Figura 3.5: Tarefa D: escrita livre. Esquerda: configuração inicial da tarefa. Direita: frase escrita por um usuário.

Tarefas E, F, G e H

Essas tarefas são análogas às anteriores. A Tarefa E corresponde à Tarefa A, a Tarefa F à Tarefa B, e assim sucessivamente. Porém deve ser utilizado o deslocamento manual, simbolizado pelo botão na região superior esquerda da tela. Na Figura 3.6, estão ilustradas as tarefas de treinamento e de acompanhamento das três curvas.

Figura 3.6: Esquerda: Tarefa E, de treinamento. Direita: Tarefa G, das três curvas.

3.2.3 Análise dos Resultados

O experimento foi realizado com 14 usuários, sendo 7 leigos e 7 experientes. Em relação ao fator **ordem**, 7 usuários iniciaram o experimento realizando as tarefas A, B, C e D. Os outros 7, realizaram inicialmente as tarefas E, F, G e H. Daquelles que iniciaram **com** deslocamento automático, 4 eram leigos e 3 eram experientes. Conseqüentemente, 3 leigos e 4 experientes iniciaram com deslocamento manual.

Primeiramente, verificamos se existe correlação entre as variáveis respostas e obtivemos um P-valor igual a 0.274. Como o P-valor é maior do que 0.05, então rejeitamos a hipótese de que existe correlação entre as variáveis respostas, o que nos permite fazer uma análise individual de cada variável.

Em seguida, utilizamos um modelo de análise estatística — ANOVA — para analisar a influência dos fatores na variável resposta **tempo**. Os resultados indicaram que três fatores têm influência sobre o **tempo**: **ordem** ($F=8.19$ e $P \leq 0.005$), **tipo de deslocamento** ($F=20.11$ e $P < 0.001$) e **atividade** ($F=38.32$ e $P < 0.001$).

Figura 3.7: Fatores que influenciam o **tempo** para se completar a tarefa: **tipo de deslocamento**, **ordem** e **atividade**.

O fator **atividade** era esperado ser significativo, pois representa diferentes tipos de traços com dificuldades variadas. A influência da **ordem** sugere que usuários têm mais dificuldade para usar o deslocamento manual depois de usar o automático do que vice-versa. Com isso,

podemos dizer que, depois de usar o deslocamento automático, o uso da técnica manual foi mais difícil, não importando a experiência do usuário. Finalmente, o uso do deslocamento automático reduz significativamente o tempo de execução das atividades — como está indicado pelo gráfico na Figura 3.7. Esse é um resultado importante com respeito a oferecer ou não esse tipo de operação nos PDAs.

Novamente, nós usamos um modelo de ANOVA para analisar a influência dos fatores sobre a variável resposta **distância**. Os resultados indicaram que duas variáveis têm influência sobre a **distância**: **tipo de deslocamento** ($F=3.88$ e $P \leq 0.050$) e **atividade** ($F=3.61$ e $P=0.032$).

Figura 3.8: Fatores que influenciam a variável resposta **distância**.

Na imagem à esquerda da Figura 3.8, observamos a **distância** sob influência do **tipo de deslocamento**. Podemos verificar que, independentemente da ordem ou da experiência do usuário, quando as tarefas são realizadas com deslocamento automático, o usuário tende a fazer um desenho mais preciso sobre os traços preexistentes. Na imagem da direita, observamos que a tarefa de treinamento permitiu que os usuários se mantivessem bem próximos dos traços preexistentes. No entanto, para sobrepor as curvas, os usuários não tiveram uma proximidade tão boa.

Durante a execução do experimento, observamos que alguns usuários encontraram certa dificuldade durante a tarefa de escrita livre. A Figura 3.9 representa duas imagens obtidas da área virtual. Na imagem da esquerda, notamos que o usuário não conseguiu completar a

palavra “Natal”, parando na letra “t”. Isso aconteceu porque o traço vertical dessa letra caiu na região de deslocamento automático. Assim, quando o usuário levantou a caneta da tela na intenção de fazer o segundo traço (horizontal) da letra “t”, a tela foi automaticamente deslocada. Antes de perceber o deslocamento, o usuário realizou o traço horizontal na própria região de deslocamento, sendo levado para o início da próxima linha.

Figura 3.9: Escrita livre com e sem deslocamento automático.

Outro fato interessante aconteceu após a palavra “Próspero”. Como o último traço dessa palavra não entrou na região de deslocamento, o usuário forçou uma quebra de linha fazendo um ponto naquela região. Na imagem da direita, o usuário escreveu utilizando deslocamento manual.

Os resultados do experimento discutido nessa seção foram satisfatórios. A variável resposta **tempo** foi reduzida com o uso do deslocamento automático e, ainda, observamos que o **tipo de deslocamento** tem influência sobre a **distância**. Porém, esse experimento não avalia a capacidade de orientação espacial do usuário em uma região da qual apenas uma parte é visível. Por isso, conduzimos um segundo experimento cujos resultados são discutidos na próxima seção.

3.3 Avaliação da Orientação Espacial

Com a criação de um sistema capaz de simular uma área virtual maior do que a tela do PDA, surge uma nova questão: como o usuário consegue localizar uma região de interesse dado que ele apenas enxerga uma porção limitada da área virtual? Para responder a essa pergunta, conduzimos um segundo experimento, no qual cada usuário deve realizar quatro

tarefas. Cada tarefa consiste no desenho das doze marcações de um relógio e dos ponteiros de hora e minuto, que devem indicar os horários 3h, 8:40h, 2:45h e 11h.

Esse teste foi originalmente proposto por Braunberger [Braunberger, 2001] para se obter uma rápida classificação de disfunções cognitivas relacionadas a pacientes com problemas neurológicos e psiquiátricos. Para o nosso caso, esse experimento permitirá avaliarmos o tempo e a eficácia dos usuários ao desenharem os horários indicados, de acordo com o planejamento definido na próxima seção.

3.3.1 Planejamento

Esse experimento tem como objetivo avaliar o impacto causado pela utilização de uma área de escrita virtual que extrapola o tamanho da tela dos PDAs e que, portanto, exige orientação espacial do usuário. Assim, elaboramos as seguintes questões:

- O usuário consegue se orientar em uma área da qual enxerga apenas uma parte?
- As tarefas realizadas pelos usuários na área virtual são feitas de maneira correta?
- O usuário consegue diminuir o tempo de realização das tarefas sem alterar a qualidade de sua orientação espacial?

Para responder a essas questões, definimos alguns fatores de influência e os níveis que eles podem assumir:

1. Horário -- representa a tarefa que o usuário realiza no PDA, consistindo no desenho dos seguintes horários: 3h, 8:40h, 2:45h e 11:10h;
2. Sexo -- usuário, masculino ou feminino, que realiza a tarefa.

Definidos os fatores, temos que selecionar as variáveis de resposta. Tendo em mente o objetivo desse experimento, elegemos quatro variáveis:

1. Tempo -- representa a duração (em segundos) de uma tarefa. A contagem se inicia quando o usuário encosta a caneta pela primeira vez no PDA e termina após seu último traço;

2. Distância do centro – é a distância (em milímetros) do centro do relógio desenhado pelo usuário até o centro do relógio real (base para comparação);
3. Distância das marcas – é o somatório das distâncias (em milímetros) de cada marcação desenhada pelo usuário até a marcação do relógio real;
4. Horário correto – diz respeito à correta marcação dos ponteiros do relógio.

3.3.2 Execução do Experimento

O experimento foi realizado com 24 usuários, sendo que 12 eram do sexo masculino e 12 do sexo feminino. Para realizar as tarefas, todos usuários desenharam os horários na seguinte ordem: 3h, 8:40h, 2:45h e 11:10h. Além disso, apresentamos um documento impresso a todos usuários a fim de prepará-los para o início da tarefa, conforme ilustrado na Figura 3.10. Na imagem da esquerda apresentamos a configuração inicial de uma tarefa, consistindo de um círculo e das margens da área virtual. Utilizando esse círculo como base, solicitamos que o usuário desenhasse as marcações do relógio (imagem da direita). A cada nova tarefa, um círculo é exibido conforme a imagem da esquerda.

Figura 3.10: Esquerda: configuração inicial do relógio para cada tarefa. Direita: desenho das marcações do relógio.

Para realizar as tarefas, os usuários utilizaram apenas o deslocamento manual (Seção 3.2), posicionaram-se na região adequada, marcaram todas as divisões do relógio e, em seguida, desenharam os ponteiros. Na Figura 3.11 ilustramos a interface utilizada no experimento. Existe um botão para deslocamento manual (A), um outro botão para desenhos (B) e uma borracha (C). Os outros componentes da interface são análogos aos utilizados no primeiro experimento (Figura 3.1).

Figura 3.11: Interface utilizada no experimento, com um botão para deslocamento manual (A), para desenhos (B) e borracha (C).

3.3.3 Análise dos Resultados

Em relação às variáveis de resposta definidas na seção anterior, o **tempo** foi medido automaticamente pelo próprio sistema e, para as outras variáveis, fizemos uma verificação manual, sendo que as medidas da **distância das marcas** e da **distância do centro** foram realizadas pela mesma pessoa com um único instrumento de medição. Para exemplificar esse processo de medição, utilizamos quatro tarefas realizadas por um determinado usuário (Figura 3.12). Sobre cada um dos relógios feitos por esse usuário, aplicamos um gabarito (Figura 3.13) que possui um centro e as principais marcações de um relógio (divisões de 5 minutos). Entre essas marcações, criamos subdivisões com linhas pontilhadas (setores), que representam faixas de tolerância utilizadas como critério para classificação do horário desenhado.

Dessa forma, dividimos a etapa de avaliação dos relógios em três fases. Primeiramente, medimos a **distância do centro** do relógio desenhado até o centro do relógio do gabarito. Em seguida, fizemos o somatório das **distâncias das marcas** para cada relógio. Por fim, avaliamos os relógios por horário — primeiramente analisamos o horário 3h de todos usuários, depois o horário 8:40h e assim por diante — e classificamos os horários em corretos se todos os critérios abaixo forem satisfeitos:

1. Os ponteiros do relógio devem estar posicionados nos setores apropriados. Observando os horários 8:40h e 2:45h da Figura 3.13, julgamos que o ponteiro das horas deveria estar desenhado no setor mais próximo das 9 horas e das 3 horas, respectivamente. Como isso não ocorreu, classificamos esses dois horários como incorretos. Verificamos que 58% dos usuários desenharam incorretamente o horário 8:40h; o mesmo ocorreu com o horário 2:45h.
2. O ponteiro das horas deve ser menor que o dos minutos. Apenas 4% dos usuários não desenharam o relógio de acordo com esse critério;
3. Os ponteiros devem ser desenhados relativamente às marcas do relógio. Esse critério garante que, estando os ponteiros apontando para marcas que foram colocadas incorretamente, o horário seja considerado incorreto mesmo que os ponteiros estejam nos setores apropriados.

Em seguida, realizamos a análise estatística de cada variável resposta. Nas próximas seções discutimos os resultados e as conclusões a respeito dessa análise.

Figura 3.12: Tarefas executadas por um usuário: 3h, 8:40h, 2:45h e 11:10h.

Figura 3.13: Aplicação de um gabarito sobre os relógios da figura anterior.

Variável Tempo

Os resultados em relação à variável **tempo**, resumidos na Figura 3.14, indicam que o tempo para realização da tarefa diminui em relação à ordem de criação dos horários. De acordo com os dados da Tabela 3.1³, observamos que o P-Valor é menor que 0.05 e, portanto, o tempo é reduzido de maneira significativa para cada novo relógio que o usuário desenha, independentemente do fator **sexo**.

Tabela 3.1: Análise da variância para o **tempo**.

Source	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	1864	1864	1.20	0.277
Horário	3	26202	8734	5.61	0.001
Interaction	3	1829	610	0.39	0.759
Error	88	136925	1556		
Total	95	166820

Figura 3.14: Gráfico da ordem de execução da tarefa versus o tempo, em segundos.

Variável Distância das Marcas

Como podemos observar na Tabela 3.2, os resultados indicam que os fatores **horário** e **sexo** não exercem influência sobre a variável **distância das marcas**, uma vez que o P-Valor é maior que 0.05. Com isso, podemos dizer que o usuário não melhora nem piora a qualidade de sua orientação espacial em relação à criação das marcas a cada novo relógio desenhado.

³As tabelas apresentadas neste trabalho foram geradas no software de estatística MINITAB versão 13.0.

Tabela 3.2: Análise da variância para a **distância das marcas**.

Source	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	100	100	0.30	0.584
Horário	3	1763	588	1.77	0.158
Interaction	3	594	198	0.60	0.618
Error	88	29160	331		
Total	95	31617			

Entretanto, quando analisamos a relação entre a ordem em que os horários são feitos com o fato de estarem corretos ou não, verificamos que o P-Valor é menor que 0.05 (Tabela 3.3). Dependendo da **distância das marcas**, podemos dizer que o usuário tem maior probabilidade de acertar o horário à medida que desenha um novo relógio. Porém, de acordo com a Figura 3.15, esse fato é mais significativo para o horário 3h.

Tabela 3.3: Análise da variância para a **distância das marcas** sob influência da relação entre a correitude do horário e a ordem em que são feitos.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Correto	1	3590.6	6691.7	6691.7	28.39	0.000
Horário	3	3941.9	7221.1	2407.0	10.21	0.000
Correto*Horário	3	3340.2	3340.2	1113.4	4.72	0.004
Error	88	20744.3	20744.3	235.7		
Total	95	31617.0

Figura 3.15: Gráfico da **distância das marcas**, em milímetros, sob influência dos horários e do **horário correto**.

Variável Distância do Centro

Conforme a Tabela 3.4, observamos que o fator **sexo** tem influência significativa sobre a **distância do centro** (P-Valor ≤ 0.05). Usuários do sexo masculino marcaram o centro do relógio mais próximo do centro real do que usuários do sexo feminino (Figura 3.16). Por outro lado, a ordem em que os horários são feitos não é significativa, o que reafirma a conclusão da seção anterior de que o usuário não altera a qualidade de sua orientação espacial a cada novo relógio desenhado, em relação à marcação do centro.

Tabela 3.4: Análise da variância para a **distância do centro**.

Source	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	41.34	41.34	11.47	0.001
Horário	3	14.95	4.98	1.38	0.253
Interaction	3	6.03	2.01	0.56	0.644
Error	88	317.08	3.60		
Total	95	379.41

Figura 3.16: Gráfico do **sexo** versus a **distância do centro**, em milímetros.

Variável Horário Correto

De acordo com a Tabela 3.5, podemos observar que o **horário correto** não é influenciado significativamente pelo fator **sexo** (linha 3, P-Valor > 0.05). Porém, o valor 1.61 (> 1) da coluna *Odds Ratio* indica que usuários do sexo masculino têm maior probabilidade de desenhar um horário correto do que usuários do sexo feminino.

Em relação ao fator **horário**, podemos verificar que a probabilidade de acerto dos horários 2:45h (linha 5) e 8:40h (linha 7) é menor que o acerto do horário 11:10h (*Odds Ratio* = 0.10). Além disso, a probabilidade de acerto dos horários 3h e 11:10h é a mesma.

Tabela 3.5: Regressão logística.

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI Lower	Upper
(1) Constant	1.7289	0.6513	2.65	0.008			
(2) Sexo							
(3) M	0.4764	0.4917	0.97	0.333	1.61	0.61	4.22
(4) Horário							
(5) 2:45h	-2.3083	0.7483	-3.08	0.002	0.10	0.02	0.43
(6) 3h	0.0000	0.8755	0.00	1.000	1.00	0.18	5.56
(7) 8:40h	-2.3083	0.7483	-3.08	0.002	0.10	0.02	0.43

3.4 Considerações Finais

Os resultados obtidos com a aplicação do primeiro experimento indicaram que o mecanismo de deslocamento automático foi satisfatório tanto em relação ao tempo de conclusão das tarefas quanto ao fator distância. Portanto, concluímos que esse mecanismo pode ser uma boa alternativa para o deslocamento manual durante anotações por escrito, embora os dois possam coexistir em uma aplicação. Para relatar esse experimento, em Janeiro de 2004 submetemos um artigo para a revista *Interfaces do British HCI Group*⁴, intitulado *Automatic scroll supporting input in PDAs*.

Motivados com os resultados do primeiro experimento, conduzimos um segundo experimento para investigar o impacto causado pela utilização de uma área virtual que extrapola o tamanho da tela dos PDAs. As tarefas utilizadas foram adaptadas de um teste para classificação de pacientes com problemas neurológicos e consistiam no desenho de quatro relógios com seus ponteiros e suas marcações. Para realizar as tarefas, os usuários utilizaram apenas o deslocamento manual, visto que os desenhos não estavam relacionados com a escrita de anotações. Por fim, analisamos os resultados de 24 usuários e concluímos que eles conseguiram reduzir significativamente o tempo da tarefa a cada novo relógio desenhado, sem que a qua-

⁴<http://www.bcs-hci.org.uk/index.html>

lidade de sua orientação espacial fosse alterada. Esse fato foi verificado independentemente do sexo do usuário.

O mecanismo que explora a utilização de uma área virtual maior que a tela do PDA e permite a rolagem automática de textos foi incorporado a um sistema para suportar a realização de anotações em ambientes educacionais. As características desse sistema, suas relações com aplicações de captura e acesso e os aspectos de integração com o Projeto InCA-SERVE são discutidos no próximo capítulo.

Capítulo 4

Anotações em PDAs Integradas ao Projeto InCA-SERVE

4.1 Considerações Iniciais

O grande avanço da tecnologia na área da computação levou alguns pesquisadores a investigarem o relacionamento entre dispositivos como PDAs e SDGs (*Single Display Groupware*, por exemplo, uma lousa eletrônica) e a área de trabalho cooperativo suportado por computador (CSCW — *Computer Supported Cooperative Work*). De acordo com Greenberg et al. [Greenberg et al., 1999], o que torna esses dispositivos interessantes para a área de CSCW é que ambos podem ser vistos como instrumentos de informação, isto é, são capazes de trocar informações entre si. Greenberg et al. estavam interessados em explorar como as pessoas transferem seus artefatos pessoais (criados em seus PDAs) para o domínio público (manipulados em SDGs) e vice-versa. Além disso, esses pesquisadores levantaram várias questões de projeto relacionadas à troca de informações, incluindo diferenças entre dispositivos e a distinção entre artefatos públicos e privados, e destacaram as dificuldades dos usuários com a entrada de texto.

Waycott e Hulme [Waycott e Kukulski-Hulme, 2003] estão entre os autores que relatam que os PDAs não são apropriados para entrada de texto. Tipicamente, os usuários utilizam

um teclado na própria tela do dispositivo ou escrevem sobre a tela em uma região especialmente designada para reconhecimento de caracteres, um processo lento e muitas vezes impreciso. Por outro lado, durante os estudos de avaliação sobre as mudanças que ocorrem quando estudantes usam PDAs para ler e interagir com materiais de cursos, Waycott e Hulme observaram que esses estudantes se sentiram beneficiados ao armazenar anotações eletronicamente. Com os dispositivos portáteis, os estudantes perceberam que teriam suporte às atividades de ensino, sendo possível resumir materiais de cursos e manter suas anotações melhor organizadas.

Baseados nessas idéias, buscamos elaborar um sistema que suporte as atividades de um usuário em particular e de um grupo de usuários de modo geral. No primeiro caso, o usuário é capaz de armazenar, recuperar e fazer ligações entre anotações, bem como agrupá-las de acordo com o curso e aula desejados. Para o segundo caso, o usuário pode compartilhar suas anotações com os membros de seu grupo, utilizando, como meio de comunicação, uma lousa eletrônica. Ao tornar públicas as anotações privadas, toda a informação trocada é armazenada em um repositório comum e acessível pela Web.

Este capítulo apresenta os aspectos de integração de um sistema de anotações com o Projeto InCA-SERVE. Trata-se do sistema *aNOTE*, que foi construído como uma camada acima da infra-estrutura de software *INCA* (Seção 2.4) e que, portanto, utiliza seus módulos e interfaces para facilitar a troca de anotações através da rede. Também são discutidos os aspectos relacionados ao armazenamento de anotações utilizando o serviço *StRES* (Seção 2.4).

Na Seção 4.2 fazemos uma descrição do *aNOTE*, abordando as questões de interface, cenários de uso e os serviços implementados como parte do sistema. Na Seção 4.3 apresentamos os esquemas de armazenamento de anotações utilizados por esse sistema. Em seguida, na Seção 4.4, mostramos como é feito o acesso às informações armazenadas e, finalmente, na Seção 4.5 apresentamos as considerações finais a respeito do sistema e de sua integração ao Projeto InCA-SERVE.

4.2 Apresentação do Sistema aNOTE

A idéia central do Sistema aNOTE é dar suporte à realização de anotações individuais em ambientes de sala de aula e ao compartilhamento das mesmas. Portanto, para melhor compreensão, dividimos o sistema em três serviços, cujo esquema básico de comunicação está ilustrado na Figura 4.1.

Figura 4.1: Comunicação entre os três serviços do Sistema aNOTE: *iPocket*, *iServer* e *iPublic*.

O primeiro serviço é chamado *iPocket* e seu ambiente de execução é em PDAs. Esse serviço contém ferramentas de controle de anotações, permitindo que a escrita seja feita de maneira livre. O mecanismo de rolagem de textos é o descrito na Seção 3.2. Na Figura 4.2 apresentamos as principais telas do *iPocket*. Na imagem da esquerda observamos a seleção de um curso e de uma aula daquele curso e a identificação do usuário. A próxima tela se refere à criação de *slides* — imagem do centro. O usuário pode criar um *slide* em branco ou reusar algum que já tenha sido armazenado em seu próprio dispositivo referente a uma determinada aula. Cada *slide* é acompanhado por um conjunto de informações, incluindo o título, a prioridade (ou *ranking*), a data e a hora de criação da anotação. Na imagem da direita podemos observar a região de escrita, uma caixa de seleção para o *ranking*, o título, o horário de criação da anotação e os botões de deslocamento manual (A), navegação (B e D), criação de novo *slide* (C), mudança de cor (E), criação de *links* (F) e exclusão de *slides* (G).

Para criarmos um *link* entre duas anotações, por exemplo, acionamos o botão apropriado (F), marcamos a região de interesse na área de escrita e selecionamos o *slide* destino na janela exibida (Figura 4.3 da esquerda). A palavra “XML”, por exemplo, representa um

Figura 4.2: Telas do iPocket. Esquerda: seleção do curso e da aula. Centro: seleção de um *slide* já existente. Direita: ferramentas e região de escrita de anotações.

link para o primeiro *slide*, intitulado “Conceito XML”. Basta clicarmos dentro da região de ligação para acessarmos o *slide* destino.

Figura 4.3: Telas do iPocket. Esquerda: criação de um link para o primeiro *slide*. Direita: exibição das opções de envio da anotação: por cabo, infravermelho ou rede *wireless*.

Para tornar pública uma anotação, o usuário deve utilizar o menu e selecionar o tipo de transferência desejado (Figura 4.3, direita). As opções são o envio por cabo serial, infravermelho ou rede *wireless*. No primeiro caso, o PDA deve estar associado a um PC através de uma base de encaixe do próprio dispositivo. Com o infravermelho, usuários podem enviar suas anotações a uma distância de, aproximadamente, dois metros do receptor que está conectado ao PC. Através da rede *wireless*, todo o espaço dentro de uma sala de aula, por exemplo, pode ser utilizado para o envio de anotações, desde que haja um ponto de

acesso à rede nessa sala. Validamos os dois primeiros casos com PDAs da plataforma *Palm Computing*¹, e o terceiro caso foi verificado com iPAQ's modelo H5500, da *Hewlett-Packard* [iPAQ, 2003]. No restante deste trabalho, utilizaremos o cenário da rede *wireless*, tal como ilustrado na Figura 4.4.

Figura 4.4: Cenário de uso do aNOTE utilizando um ponto de acesso da rede *wireless*. Anotações geradas nos PDAs são enviadas pela rede (representada pela nuvem) para a lousa e vice-versa.

Após a solicitação de envio pelo usuário, as anotações são apresentadas ao segundo serviço, chamado *iServer*, que está em execução em um determinado PC. O *iServer* atua como um empacotador, lendo os dados provenientes do *iPocket* e criando pacotes de informação segundo o formato definido pela infra-estrutura de software *INCA* (Seção 2.4). Nesse momento, os pacotes são capturados e direcionados pela *INCA* até o destino apropriado, quando, então, ocorre a fase de acesso. O serviço responsável por desempacotar as informações e acessar o conteúdo dos dados é chamado *iPublic*. Esse serviço está em execução na lousa eletrônica² e mantém uma lista dos usuários que enviaram suas anotações. A cada usuário está associada uma janela de anotação pública (ou mini-lousa), cujo tamanho corresponde à área virtual criada pelo *iPocket* (Seção 3.2). Uma lista de *slides* é mantida para cada mini-lousa, de tal forma que todas as anotações enviadas pelos usuários possam ser acessadas a partir da lousa eletrônica. O *iPublic* também permite que as informações fluam no sentido oposto. Nesse caso, esse serviço se responsabiliza por capturar e empacotar as anotações feitas diretamente sobre uma das mini-lousas presentes na lousa eletrônica. Os pacotes são transmitidos

¹<http://www.palm.com>

²A lousa eletrônica está acoplada a um computador convencional, ligado em rede.

através da *INCA* até o *iServer* que, por sua vez, realiza o desempacotamento, repassando as informações para o respectivo PDA.

Na Figura 4.5 apresentamos um exemplo de uso do sistema *aNOTE*. O PDA existente na figura ilustra o fato de que as anotações feitas nesse dispositivo são apresentadas na lousa eletrônica. Na figura, as duas janelas com os títulos “carlos” e “billy” indicam que existem dois usuários na sala de anotações (*Room Notes* é a janela principal do *iPublic*) com anotações submetidas. Esses usuários estão participando de uma sessão de captura (aula), cujos *slides* são apresentados ao fundo pelo Sistema *iClass* (Seção 2.4), utilizando o componente de *whiteboard* da *xINCA*. Na interface da mini-lousa existem botões de navegação e um botão para criação de novos *slides*. Quando executadas, cada uma dessas ações é refletida instantaneamente no respectivo PDA.

Figura 4.5: Ilustração dos serviços *iPocket* e *iServer* com dois usuários (“carlos” e “billy”) submetendo suas anotações.

Para o desenvolvimento dos serviços citados, utilizamos a linguagem Java, sendo que o ambiente de execução do *iPocket* é a máquina virtual do *SuperWaba*³. Além de ter seu

³<http://www.superwaba.com.br>

código aberto, essa plataforma possibilita, em princípio, que as aplicações sejam executadas em vários sistemas operacionais, incluindo Palm OS, Windows CE/98/ME/2000/NT/XP e Mac OS-X.

4.3 Armazenamento das Anotações

Para que as anotações possam ser acessadas depois de concluída a sessão, seja pelo PDA ou pela Web, precisamos armazená-las de acordo com duas características. Todas as anotações privadas devem ser armazenadas no PDA e as anotações que se tornaram públicas devem ser armazenadas pelo *StRES* (Seção 2.4) em uma base de dados acessível pela Web. Nas próximas seções, abordamos esses dois aspectos do armazenamento, o privado e o público.

4.3.1 Armazenamento Privado

A plataforma de programação que utilizamos, o *SuperWaba*, possui um pacote de classes relacionadas com o tratamento de tarefas de entrada e saída (*waba.io*). Uma das classes mais importantes desse pacote é chamada *Catalog*, que permite o armazenamento de informações na base de dados do dispositivo [Hazan, 2003]. *Catalog* é o tipo mais rudimentar de base de dados, consistindo em um vetor (*array*) de registros. Cada registro pode ter tamanho diferente e o número máximo de registros é limitado a 32767.

A dificuldade de se trabalhar com o *Catalog* é que não existem definições de tabela nem de campos. Do ponto de vista do sistema operacional, o conteúdo de um registro são apenas dados primitivos. Abaixo, ilustramos como os dados de um registro podem ser acessados a partir de um *Catalog*:

1. Abrir o *Catalog*.
2. Ajustar o cursor interno na posição do registro desejado.
3. Armazenar ou recuperar dados do registro corrente;

Essas operações avançam o ponteiro existente dentro do registro.

4. Ir para (2), ou fechar o *Catalog*.

Para facilitar o desenvolvimento de aplicações que utilizam a classe *Catalog*, criamos

uma classe chamada *PocketDataBase*, que abstrai a manipulação do armazenamento e da recuperação de dados de um PDA. Os principais métodos e atributos dessa classe estão ilustrados na Figura 4.6. A leitura de um registro é feita pelo método *readRecord()*, responsável por retornar todos os dados presentes naquele registro. A escrita é realizada pelo método *writeRecord()*, cujo parâmetro permite o armazenamento de um conjunto de dados que constituirão um novo registro.

Figura 4.6: Diagrama UML de classes para o armazenamento de dados.

Ainda na Figura 4.6, ilustramos quatro classes que fazem parte de nossa aplicação. Como estamos interessados em armazenar informações sobre o curso, aula, *slides* e traços (*strokes*) que constituem esses *slides*, criamos as respectivas classes para tratar esses conjuntos de dados. Cada um dos objetos possui um atributo (*type*) que identifica o tipo de *Catalog* que será utilizado por aquele objeto. Nesse sentido, podemos dizer que um *Catalog* seria uma tabela em uma base de dados relacional, os registros seriam as linhas da tabela e os campos desses registros seriam os atributos da tabela.

As classes *PocketCourse*, *PocketClass*, *PocketSlide* e *PocketStroke* manipulam os respectivos *Catalogs*, tal como ilustrado na Figura 4.7. Para o curso, por exemplo, existem dois registros com dois campos cada um. O primeiro campo representa o nome do curso e o segundo, uma lista de índices para as aulas relacionadas ao curso. Os registros de aula que estão nas posições 0, 1 e 2 pertencem ao curso 0. A aula cujo registro está na posição 0 possui dois *slides* com informações sobre o título, prioridade, data e hora da anotação, coordenada e *links* presentes naquele *slide*. Na mesma posição do *slide*, encontram-se os dados

dos *strokes*, que representam as anotações propriamente ditas.

Figura 4.7: Ilustração dos *Catalogs* responsáveis pelo armazenamento dos dados referentes ao curso, aula, *slides* e *strokes*.

A partir dessa estrutura de armazenamento e recuperação de anotações em PDAs, podemos especificar um cenário em que todas as informações de curso e aula são carregadas, por exemplo, nos dispositivos de alunos no início de cada semestre. Em salas de aula que possuem lousa eletrônica, é possível apoiar uma maior interação entre professor e alunos. Nesse caso, além do armazenamento local das anotações, devemos prover suporte para o armazenamento das anotações que se tornaram públicas, de tal forma que consultas possam ser feitas ao material gerado após o término da aula. Esse é o assunto da próxima seção.

4.3.2 Armazenamento Público

Com o intuito de possibilitar o acesso às anotações públicas após o término de uma sessão, utilizamos os serviços fornecidos pelo *StRES* para armazenamento da informação capturada. Na Figura 4.8 apresentamos uma visão geral do esquema de armazenamento do Sistema *aNOTE*. Nessa figura, observamos a presença de módulos responsáveis por capturar (C) informações de PDAs⁴ e eventuais entradas de dados na própria sala de anotações. Anotações

⁴Para simplificar, estamos ilustrando módulos de captura e acesso diretamente associados a PDAs.

realizadas diretamente sobre a mini-lousa são enviadas tanto para o módulo de acesso (A) associado ao PDA quanto para o módulo associado ao *StRES*. Dessa forma, ao final de uma sessão (aula, por exemplo) as anotações são armazenadas como imagens e um documento XML que representa aquela sessão é gerado e armazenado em uma base de dados pelo *StRES*.

Figura 4.8: Ilustração do processo de armazenamento de anotações.

O *StRES* possui um objeto chamado *Transducer* que instancia módulos de acesso do *aNOTE*. Portanto, o *Transducer* recebe dados dos módulos de captura presentes nos serviços *iServer* e *iPublic* com o objetivo de gerar um documento XML representativo da sessão. Na tentativa de organizar as informações produzidas por esses serviços, nós especificamos um documento DTD⁵ para o Sistema *aNOTE* a fim de podermos estruturar os dados capturados em informações mais compreensíveis e controláveis.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!ELEMENT anoteMl (anoteWBml+)>
<!ELEMENT anoteWBml (islide+)>
<!ELEMENT islide (ititle?, iurl, istroke*)>
<!ELEMENT ititle (#PCDATA)>
<!ELEMENT iurl (#PCDATA)>
<!ELEMENT istroke (ipoints)>
<!ELEMENT ipoints (#PCDATA)>

<!--
!ATTLIST anoteWBml
  lboard_width CDATA #REQUIRED
  lboard_height CDATA #REQUIRED
  lperson_id CDATA #IMPLIED-->

<!--
!ATTLIST islide
  islide_id CDATA #REQUIRED
  itimestamp CDATA #REQUIRED
  icreation_time CDATA #REQUIRED-->

<!--
!ATTLIST istroke
  istroke_id CDATA #IMPLIED
  lperson_id CDATA #IMPLIED-->
```

Figura 4.9: Documento DTD para uma sessão de anotações.

Na Figura 4.9 ilustramos esse DTD. O elemento *anoteMl* representa a *sala de anotações* e, portanto, pode conter uma ou mais mini-lousas (*anoteWBml*). Uma mini-lousa é composta

⁵<http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-20040204/>

por um ou mais elementos *islide*, cada um dos quais possui um título (*ititle*), um caminho (*iurl*) e um conjunto de traços (*istroke*). Um ou mais pontos (*ipoints*) constituem um traço. O elemento *anoteWBml* possui atributos relacionados à dimensão, como largura e altura, e à identificação do usuário relacionado. Os elementos *islide* e *istroke* têm um identificador como atributo, sendo que o elemento *istroke* tem a informação de quem (*iperson-id*) realizou o traçado. Além disso, cada *islide* possui a data e a hora em que foi criado e um marcador (*timestamp*) relativo ao início da sessão.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <session id="407" type="24" date="2004.02.19 AD at 12:51:16 BRT">
- <context_info>
  <person_demo></person>
  <place>Lab-4</place>
- <eclass_context>
  <term>10_2004</term>
  <course_name>SeminariosAvancadosemHipertextualI</course_name>
  <class_title>testeBilly</class_title></eclass_context></context_info>
  <chatml/>
+ <whiteboardml board_width="800" board_height="600">
  </whiteboardml>
  <weblogml/>
  <audioml/>
  <videoml/>
- <anoteml>
- <anoteWBml iboard_width="605" iboard_height="665" iperson_id="carlos">
- <islide islide_id="0" timestamp="20198"
  icreation_time="2004.02.19 AD at 20:29:24 BERT">
  <ititle>anote Slide 0</ititle>
  <iurl>islide0.jpg</iurl>
- <istroke istroke_id="1" iperson_id="carlos">
  <ipoints>(17,16,17,15,18,15,22,16,29,20,33,25,
    37,30,40,33,43,37,40,42,53,40,54,49,
    55,52,56,56,57,58,65,59,68,60,72,60,
    77,61,61,62,65)
  </ipoints>
  </istroke>
  </islide>
  </anoteWBml>
  </anoteml>
</session>
```

Figura 4.10: Documento XML.

Na Figura 4.10 apresentamos um documento XML com destaque para a sessão de anotações (*anoteml*). Observamos a existência de um elemento *anoteWBml*, que possui um *slide* com informações sobre o título, caminho e conjunto de pontos. Como uma sessão de anotações faz parte de uma sessão mais genérica, podemos observar, no início do documento XML, elementos como informações de contexto, *whiteboard*, áudio, vídeo e *chat*, todos pertencentes ao elemento *session*. Portanto, o DTD de uma sessão de captura deve conter esses elementos, de acordo com a Figura 4.11. Podemos observar que uma sessão (elemento *session*) deve possuir informações de contexto (por exemplo pessoa, lugar, nome do curso e título da aula) e pode conter uma sessão de anotações do *aNOTE* (elemento *anoteml*).

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!ENTITY % c_info SYSTEM "context_info.dtd">
%c_info;
<!ENTITY % chat SYSTEM "chat.dtd">
%chat;
<!ENTITY % wb SYSTEM "whiteboard.dtd">
%wb;
<!ENTITY % weblog SYSTEM "weblog.dtd">
%weblog;
<!ENTITY % audio SYSTEM "audio.dtd">
%audio;
<!ENTITY % video SYSTEM "video.dtd">
%video;
<!ENTITY % anote SYSTEM "anote.dtd">
%anote;
<!ELEMENT session (context_info, chatml?, whiteboardml?,
weblogml?, audioml?, videoml?, anoteml?)>
<!--LIST session
      id CDATA #REQUIRED
      type CDATA #REQUIRED
      date CDATA #REQUIRED-->

```

Figura 4.11: Documento DTD para uma sessão.

Para derivarmos classes Java a partir dos elementos e atributos presentes no DTD da sessão de anotações, utilizamos um mecanismo de ligação (*binding*) de dados. Esse mecanismo permite que aplicações cliente-servidor definam objetos responsáveis por manipular e trocar a informação capturada. Trata-se da API JAXB (*Java Architecture for XML Binding*)⁶, fornecida pela Sun Microsystems. Essa API possui um compilador que transforma um documento DTD em objetos Java prontos para serem utilizados em uma aplicação. Por exemplo, uma das classes do serviço *iPublic* trabalha com um objeto *istroke*, criado a partir da compilação do DTD exibido na Figura 4.9. No momento que uma anotação chega na sala de anotações, preenchemos esse objeto com os pontos que formam os *strokes* e com a identificação do usuário que enviou a anotação. Seguindo esse princípio, conseguimos montar os objetos *islide*, *anoteWBml* e *anoteml* que, por sua vez, é manipulado pelo objeto da sessão *session*.

Finalmente, quando uma sessão é encerrada, o *StRES*, através do objeto *Transducer*, utiliza métodos da API JAXB para transformar todos os objetos Java referentes à sessão em um documento XML, segundo um processo conhecido por *marshalling*. O documento XML ilustrado na Figura 4.10 foi gerado dessa forma. Com isso, podemos armazenar documentos relacionados a sessões de captura, juntamente com suas mídias associadas, em uma base

⁶<http://java.sun.com/xml/jaxb>

de dados XML — o Xindice⁷. Isso permite a realização de consultas e a apresentação do material capturado em diversos formatos. Esse assunto será tratado com mais detalhes na próxima seção.

4.4 Apresentação das Anotações na Web

A apresentação das anotações, bem como dos *slides* capturados durante uma sessão de aula é realizada pelo Sistema *iClass* (Seção 2.4). O *iClass*, similar em funcionalidade ao *eClass*, foi desenvolvido no ICMC-USP e permite a captura de diferentes fluxos de informação (*slides* e anotações sobre os mesmos, áudio e vídeo) durante uma aula convencional realizada em ambientes de sala de aula instrumentada. O *iClass* segue quatro fases que representam uma possível estruturação do problema de captura e acesso [Abowd, 1999]:

1. Pré-produção: consiste na preparação de materiais para a sessão de captura. Também são adicionadas informações contextuais, como a que curso uma aula deve ser associada. Uma série de páginas JSP⁸ são usadas para a criação de aulas, possibilitando que o professor carregue *slides* pré-preparados (imagens JPEG ou PNG) para cada aula e reuse materiais previamente capturados em outras aulas [Sante, 2003]⁹;
2. Gravação ao vivo: sincronização e captura dos fluxos de informação relevantes. Nessa fase é feito uso de um *applet* responsável por instanciar os componentes *xINCA* de captura (*whiteboard*, áudio, vídeo e *web logging*) a serem utilizados durante a aula;
3. Pós-produção: integração dos fluxos de informação capturados e geração de um documento XML representativo da sessão. Nessa fase o documento XML é processado por três folhas de estilo XSLT¹⁰, gerando documentos SMIL¹¹, XHTML+SMIL¹² e HTML. Os documentos SMIL e XHTML+SMIL possibilitam a apresentação multimídia da sessão, enquanto que o documento HTML é especial para a impressão dos *slides* da aula.

⁷<http://xml.apache.org/xindice>

⁸<http://java.sun.com/products/jsp/>

⁹Trabalho de mestrado desenvolvido no contexto do Projeto InCA-SERVE

¹⁰<http://www.w3.org/TR/xslt>

¹¹<http://www.w3.org/TR/smil20>

¹²<http://www.w3.org/TR/XHTMLplusSMIL>

4. Acesso posterior: visualização, pelos usuários-finais, das informações capturadas de acordo com uma estrutura hierárquica em que aulas estão presentes em cursos, que são ministrados em semestres [Andrade, 2003]. Com os documentos gerados na fase anterior, a visualização de uma aula pode ser feita nos formatos HTML, SMIL e XHTML+SMIL.

De acordo com a última fase descrita, podemos visualizar as anotações feitas durante uma sessão relativamente ao curso e à aula em que elas foram capturadas. A Figura 4.12 representa uma anotação feita no 1o. semestre de 2004, no curso de Seminários Avançados em Hipermedia e na aula intitulada “testeBilly”.

Figura 4.12: Visualização em HTML de uma anotação capturada.

A anotação exibida nessa figura representa aquela enviada pelo PDA da Figura 4.5 no momento em que o componente de *whiteboard* estava ilustrando o *slide* cujo título é “Contextualização”. Também podemos observar a existência de anotações feitas sobre o *slide* da *whiteboard*. O documento HTML representado na Figura 4.12 foi gerado automaticamente

a partir de uma folha de estilo XSLT e do documento XML de uma sessão armazenado no *StRES*.

4.5 Considerações Finais

A integração do sistema de anotações apresentado no decorrer deste capítulo com o Projeto InCA-SERVE permite a inclusão de PDAs em ambientes educacionais como uma ferramenta na qual os alunos produzem informações privadas. No entanto, esse sistema ainda não foi aplicado em um ambiente desse tipo, mas esperamos que a interação entre professores e alunos aumente na medida que esses alunos sintam a necessidade de expor suas idéias ou discutir sobre a resolução de um exercício através de suas próprias anotações, tornando-as públicas para a sala de aula.

Em relação aos aspectos de implementação, o Sistema *aNOTE* ainda pode ser estendido de forma a suportar operações mais sofisticadas sobre as anotações. Consideramos que “copiar e colar” ou “arrastar e soltar” objetos, por exemplo, são operações convencionais amplamente realizadas no dia-a-dia e que poderiam ser implementadas no serviço *iPocket*. Além disso, o serviço *iPublic* também poderia agregar mais funcionalidades. Atualmente, qualquer *stroke* feito sobre as mini-lousas do *iPublic* são instantaneamente enviados para o PDA do respectivo aluno. Talvez seja interessante que os *strokes* sejam enviados para todos alunos. Talvez seja mais adequado que os *strokes* não sejam transmitidos instantaneamente, evitando possíveis problemas de consistência. Enfim, consideramos que o próximo passo é aplicar o sistema em um ambiente real para podermos conhecer as necessidades e dificuldades dos usuários. Esse é um assunto que, inclusive, demanda a aplicação de um experimento controlado.

Todavia, nosso interesse foi desenvolver um sistema que fosse capaz de realizar, em linhas gerais, comunicação entre dispositivos computacionais, armazenamento de informações e acesso às mesmas. A integração com o Projeto InCA-SERVE ocorreu devido ao cumprimento dessas etapas. Finalmente, no próximo capítulo apresentamos as conclusões finais, as contribuições e os trabalhos futuros.

Capítulo 5

Conclusão

5.1 Considerações Iniciais

Com este trabalho investigamos a possibilidade e a viabilidade de utilização de dispositivos móveis de modo integrado a ambientes que suportam a captura de informações públicas para posterior acesso a documentos associados. No contexto do Projeto InCA-SERVE, fornecemos um conjunto de serviços que trabalham de forma integrada, buscando apoiar atividades de anotações de usuários em ambientes educacionais. Esses serviços permitem que usuários manipulem suas anotações, armazenando-as digitalmente seja em seu próprio PDA ou em um repositório Web. Ao suportar a existência de um ambiente colaborativo, juntamente com as outras aplicações do Projeto *iClass*, acreditamos que o sistema desenvolvido possa estimular, senão mesmo aumentar o envolvimento de alunos em tarefas intra-classe promovidas pelo professor. Isso porque, na literatura são relatados alguns estudos que indicam um maior aprendizado de alunos quando são utilizadas aplicações multimídia em salas de aula (por exemplo [Macaulay, 2003]).

A integração do Sistema *aNOTE* ao Projeto InCA-SERVE foi acompanhada por uma série de estudos relacionados à infra-estrutura de software *INCA*, às tecnologias de comunicação entre PDAs e computadores convencionais, ao desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis e ao esquema de armazenamento de documentos XML utilizado pelos serviços do *StRES*. Como resultado, o *aNOTE* foi construído como uma camada acima da *INCA*,

utilizando seus módulos e interfaces para facilitar a troca de anotações através da rede. Além disso, estamos realizando a troca de informações através de redes sem fio como uma alternativa mais confiável, mais rápida e mais transparente do que dispositivos receptores de infravermelho ou bases de sincronismo de PDAs.

Em relação a aplicações para dispositivos móveis, desenvolvemos um módulo mais abstrato para a manipulação da base de dados desses dispositivos e, também, projetamos uma área de entrada de dados (anotações) que não é limitada ao tamanho físico da tela do dispositivo. Para a criação de anotações nessa área, elaboramos um mecanismo de rolagem automática de textos e o avaliamos com um experimento aplicado a 14 usuários, cujos resultados foram satisfatórios. Além disso, também avaliamos a questão da orientação espacial na área de entrada de dados através de um experimento aplicado a 24 usuários e concluímos que eles conseguem diminuir o tempo de interação a cada nova tarefa sem alterar a qualidade de sua orientação espacial.

Na questão do armazenamento, primeiramente estudamos como as informações são processadas pelas entidades do *StRES* e como são realizados os mecanismos de criação de objetos Java a partir de documentos de definição de dados (DTDs) e a conversão desses objetos em um documento XML que representa uma sessão de captura. A partir desse XML, podemos apresentar as anotações capturadas para o usuário-final, juntamente com os *slides* relacionados, utilizando documentos HTML, SMIL ou XHTML+SMIL.

5.2 Resultados e Contribuições

Em relação aos principais resultados e contribuições deste trabalho, podemos citar:

- Integração de PDAs ao Projeto InCA-SERVE, utilizando as infra-estruturas de software *INCA* e *StRES* e o Projeto *iClass*, que está em operação no ICMC desde Agosto de 2002, com mais de 150 aulas capturadas entre cursos de graduação e pós-graduação;
- Desenvolvimento de um módulo que abstrai a comunicação entre aplicações e a base de dados de PDAs;
- Construção de uma ferramenta para permitir a realização de anotações em uma área

que extrapola os limites da tela de PDAs;

- Elaboração de um mecanismo de rolagem automática de textos como parte da ferramenta citada anteriormente;
- Condução de um experimento para avaliar o tempo e a precisão de um usuário ao utilizar o mecanismo citado no item anterior;
- Avaliação do impacto causado pela utilização de uma área de escrita virtual que extrapola o tamanho da tela dos PDAs através da aplicação de um experimento controlado;
- Submissão de um artigo à revista *Interfaces* do *British HCI Group* para relatar os resultados satisfatórios do experimento da rolagem automática de textos.

5.3 Trabalhos Futuros

Em relação aos trabalhos que podem ser realizados de modo a explorar os resultados já obtidos, existe um mestrado em andamento, no contexto do Projeto InCA-SERVE, que trata do reconhecimento de voz, gestos e escrita [Inacio Jr., 2003]. A integração com este trabalho permitiria que as anotações do Sistema aNOTE fossem reconhecidas como textos, e não como imagens, o que favoreceria processos de busca nas anotações. O reconhecimento de voz também poderia ser utilizado para suportar operações em PDAs como “criar *slide*” ou “enviar anotação” de forma que a interação do usuário fosse a mais natural possível.

Entre os trabalhos que podem ser realizados como extensão deste, citamos:

- Troca de anotações entre PDAs para favorecer a colaboração direta entre alunos em uma sala de aula;
- Adição de informações de contexto de tal forma que o curso e a aula sejam automaticamente configurados, dependendo do ambiente em que o aluno se encontra;
- Transferência da relação de cursos e aulas de um determinado semestre para os PDAs dos alunos;

- Sincronização das anotações do PDA com um PC de forma que as anotações privadas de um aluno também possam ser visualizadas na WEB;
- Criação de um modelo capaz de permitir que anotações sejam enviadas para um repositório público mesmo após o término de uma sessão.

Por fim, ressaltamos a importância da aplicação de um experimento que envolvesse todo o Sistema *aNOTE* de forma que pudéssemos responder a questões do tipo: “Qual a frequência que alunos realizam anotações em um ambiente onde as informações do professor já estão sendo capturadas?”, ou ainda “Os alunos sentem-se motivados a tornar públicas suas anotações em uma sala de aula?”.

Referências Bibliográficas

- [Abowd, 1999] Abowd, G. D. (1999). Software engineering issues for ubiquitous computing. Em *Proceedings of the 21st International Conference on Software Engineering*, páginas 75–84, Los Angeles, California, United States. IEEE Computer Society Press.
- [Abowd et al., 1998a] Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Brotherton, J., Enqvist, T., Gulley, P., e LeMon, J. (1998a). Investigating the capture, integration and access problem of ubiquitous computing in an educational setting. Em *Conference Proceedings on Human Factors in Computing Systems*, páginas 440–447, Los Angeles, California, United States. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- [Abowd et al., 1998b] Abowd, G. D., Brotherton, J., e Bhalodia, J. (1998b). Classroom 2000: a system for capturing and accessing multimedia classroom experiences. Em *Proceedings of the Conference on CHI summary: Human Factors in Computing Systems*, páginas 20–21, Los Angeles, California, United States. ACM Press.
- [Abowd e Mynatt, 2000] Abowd, G. D. e Mynatt, E. D. (2000). Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 7(1):29–58.
- [Andrade, 2003] Andrade, A. (2003). Visualização e apresentação de sessões capturadas em ambientes de computação ubíqua. Monografia de Qualificação de Mestrado ICMC-USP.
- [Baldochi et al., 2003] Baldochi, L., Cattelan, R., e Pimentel, M. (2003). Building a middleware infrastructure for capture and access applications. Em *Anais do XXX Seminário Integrado de Software e Hardware - SBC*, páginas 299–313.

- [Beigl, 2000] Beigl, M. (2000). Memoclip: A location-based remembrance appliance. *Personal Ubiquitous Computing*, 4(4):230–233.
- [Beigl et al., 2002] Beigl, M., Zimmer, T., e Decker, C. (2002). A location model for communicating and processing of context. *Personal Ubiquitous Computing*, 6(5-6):341–357.
- [Bellotti et al., 2003] Bellotti, F., Berta, R., De Gloria, A., Ferretti, E., e Margarone, M. (2003). Vegame: Exploring art and history in venice. *Computer*, 36(9):48–55.
- [Braunberger, 2001] Braunberger, P. (2001). The clock-drawing test. http://199.243.225.113/ClinicalAssistant/scales/clock_drawing_test.htm, acesso em Fevereiro de 2004.
- [Brotherton e Abowd, 1998] Brotherton, J. e Abowd, G. D. (1998). Rooms take note: Room take notes! Em *Working Papers of AAAI Spring Symposium*.
- [Brotherton et al., 1998] Brotherton, J., Bhalodia, J., e Abowd, G. D. (1998). Automated capture, integration and visualization of multiple media streams. Em *Proceedings of IEEE Multimedia*, páginas 54–63.
- [Buchanan et al., 2001] Buchanan, G., Farrant, S., Jones, M., Thimbleby, H., Marsden, G., e Pazzani, M. (2001). Improving mobile internet usability. Em *Proceedings of the Tenth International Conference on World Wide Web*, páginas 673–680. ACM Press.
- [Cattelan et al., 2003] Cattelan, R., Andrade, A., Rocha, C., e Pimentel, M. (2003). iclass: um sistema para captura e acesso de sessões em ambiente educacional. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica da SBC*, 3(1):10–28.
- [Covington et al., 2001] Covington, M. J., Long, W., Srinivasan, S., Dev, A. K., Ahamad, M., e Abowd, G. D. (2001). Securing context-aware applications using environment roles. Em *Proceedings of the Sixth ACM Symposium on Access control models e technologies*, páginas 10–20. ACM Press.
- [Davis et al., 1999] Davis, R. C., Landay, J. A., Chen, V., Huang, J., Lee, R. B., Li, F. C., Lin, J., Charles B. Morrey, I., Schleimer, B., Price, M. N., e Schilit, B. N. (1999). Notepals:

- lightweight note sharing by the group, for the group. Em *Proceeding of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems: the CHI is the limit*, páginas 338–345, Pittsburgh, Pennsylvania. United States. ACM Press.
- [Dey, 2001] Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal Ubiquitous Computing*, 5(1):4–7.
- [Dey et al., 1999] Dey, A. K., Salber, D., Abowd, G. D., e Futakawa, M. (1999). The conference assistant: Combining context-awareness with wearable computing. Em *Proceedings of the 3rd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, página 21. IEEE Computer Society.
- [Flippo, 2003] Flippo, F. (2003). A natural human-computer interface for controlling wheeled robotic vehicles. Dissertação de Mestrado, Rutgers University, Piscataway, New Jersey, USA. www.caip.rutgers.edu/~fflippo/docs/flippo/thesis.pdf, acesso em Fevereiro de 2004.
- [Greenberg et al., 1999] Greenberg, S., Boyle, M., e Laberg, J. (1999). Pdas e shared public displays: Making personal information public, e public information personal. *Personal Technologies*, 3(1):54–64.
- [Hazan, 2003] Hazan, G. C. (2003). Superwaba input output tutorial. Tutorial obtido no site: <http://www.superwaba.com.br> em Novembro de 2003.
- [Heiner et al., 1999] Heiner, J. M., Hudson, S. E., e Tanaka, K. (1999). The information percolator: ambient information display in a decorative object. Em *Proceedings of the 12th Annual ACM Symposium on User Interface Software e Technology*, páginas 141–148. ACM Press.
- [Higel et al., 2003] Higel, S., O'Donnell, T., e Wade, V. (2003). Towards a natural interface to adaptive service composition. Em *Proceedings of the 1st International Symposium on Information e communication technologies*, páginas 169–174. Trinity College Dublin.
- [Inacio Jr., 2003] Inacio Jr., V. R. (2003). Componentes para armazenamento e intercâmbio de informações em ambientes de computação ubíqua. Relatório ICMC-USP.

- [iPAQ, 2003] iPAQ, H. (2003). Hp ipaq pocket pc h5500 series summary. <http://welcome.hp.com/country/us/en/prodserv/heheld.html>, acesso em Fevereiro de 2004.
- [Jones et al., 2003] Jones, M., Buchanan, G., e Thimbleby, H. (2003). Improving web search on small screen devices. *Interacting with Computers*, 15:479–495.
- [Kidd et al., 1999] Kidd, C. D., Orr, R., Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Essa, I. A., MacIntyre, B., Mynatt, E. D., Starner, T., e Newstetter, W. (1999). The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. Em *Cooperative Buildings*, páginas 191–198.
- [Macaulay, 2003] Macaulay, M. (2003). The effects of multimedia on learning in third world children. *Journal of Educational Multimedia e Hypermedia*, 12(2):185–198.
- [Masiero et al., 2003] Masiero, P., Moreira, E., e Pimentel, M. (2003). Using iclass towards applied mobile technology solutions in learning environments. Proposta aprovada: HP Company 2003 Grant Initiative Request for Proposal-Latin America.
- [Muñoz et al., 2003] Muñoz, M. A., Rodríguez, M., Favela, J., Martinez-Garcia, A. I., e González, V. M. (2003). Context-aware mobile communication in hospitals. *Computer*, 36(9):38–46.
- [Mynatt et al., 2001] Mynatt, E. D., Rowan, J., Craighill, S., e Jacobs, A. (2001). Digital family portraits: supporting peace of mind for extended family members. Em *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, páginas 333–340. ACM Press.
- [Nagel et al., 2001] Nagel, K., Kidd, C. D., O’Connell, T., Dey, A. K., e Abowd, G. D. (2001). The family intercom: Developing a context-aware audio communication system. Em *Proceedings of the 3rd International Conference on Ubiquitous Computing*, páginas 176–183. Springer-Verlag.
- [Nakanishi et al., 2002] Nakanishi, Y., Sato, Y., e Koike, H. (2002). Enhanceddesk and enhancedwall: Augmented desk and wall interfaces with real-time tracking of user’s motion.

Em *Ubicomp – Workshop on Collaborations with Interactive Walls and Tables*, páginas 27–30.

[Nielsen, 1996] Nielsen, J. (1996). Top ten mistakes in web design. <http://www.useit.com/alertbox/9605.html>, acesso em Fevereiro de 2004.

[Öquist e Goldstein, 2003] Öquist, G. e Goldstein, M. (2003). Towards an improved readability on mobile devices: evaluating adaptive rapid serial visual presentation. *Interacting with Computers*, 15:539–558.

[Pimentel et al., 2000] Pimentel, M., Abowd, G., e Ishiguro, Y. (2000). Linking by interacting: a paradigm for authoring hypertext. Em *Proceedings of the ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*, páginas 39–48.

[Pimentel e Abowd, 1999] Pimentel, M. G. C. e Abowd, G. D. (1999). Development and understanding of automated capture environments to support long-term use. Projeto de Cooperação Internacional aprovado junto ao ProTeM-Cc-Cnpq/Brasil e ao NSF-EUA.

[Salber et al., 1999] Salber, D., Dey, A. K., e Abowd, G. D. (1999). The context toolkit: aiding the development of context-enabled applications. Em *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, páginas 434–441. ACM Press.

[Sante, 2003] Sante, D. (2003). Autore: suportando autoria evolucionária em ambientes de captura. Dissertação de Mestrado do ICMC-USP.

[Tatar et al., 2003] Tatar, D., Roschelle, J., Vahey, P., e Penuel, W. R. (2003). Handhelds go to school: Lessons learned. *Computer*, 36(9):30–37.

[Truong e Abowd, 2004] Truong, K. e Abowd, G. (2004). Inca: A software infrastructure to facilitate the construction and evolution of ubiquitous capture & access applications. Em *Proceedings of the 2004 International Conference on Pervasive Computing*. To appear.

[Truong et al., 2001] Truong, K., Abowd, G., e Brotherton, J. (2001). Who, what, when, where, how: Design issues of capture & access applications. Em *Proceedings of the Ubicomp*, páginas 209–224.

- [Watters et al., 2003] Watters, C., Duffy, J., e Duffy, K. (2003). Using large tables on small display devices. *Int. J. Human-Computer Studies*, 58:21–37.
- [Waycott e Kukulska-Hulme, 2003] Waycott, J. e Kukulska-Hulme, A. (2003). Students’ experiences with pdas for reading course materials. *Personal Ubiquitous Computing*, 7(1):30–43.
- [Weiser, 1993] Weiser, M. (1993). Some computer science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, 7(6):75–84.
- [Weiser, 2004] Weiser, M. (2004). Ubiquitous computing. <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>.
- [Yee, 2003] Yee, K. (2003). Peephole displays: pen interaction on spatially aware handheld computers. Em *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, páginas 1–8. ACM Press.