



## Capítulo

# 9

## Ambientes Colaborativos de Realidade Virtual e Aumentada

Denise Filippo, Alberto Raposo, Markus Endler, Hugo Fuks

Departamento de Informática  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)  
Av. Marquês de São Vicente, 225 RDC - Gávea - 22453-900  
Rio de Janeiro - RJ - Brazil

denise@les.inf.puc-rio.br, abraposo@tecgraf.puc-rio.br,  
endler@inf.puc-rio.br, hugo@inf.puc-rio.br

### *Abstract*

*This chapter deals with Virtual and Augmented Reality (VR and AR) Collaborative Environments from the point of view of collaborative systems, presenting them as a class of applications with specific workgroup-directed characteristics and demands. Environment exploiting the particularities of VR and AR applied to different collaborative scenarios are presented. Regarding trends, mobile supporting collaborative environments are emphasized.*

## **Resumo**

*Este capítulo trata os Ambientes Colaborativos de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) sob a perspectiva de Sistemas Colaborativos, apresentando-os como uma classe de aplicações com características, demandas e desafios específicos dos softwares direcionados para apoiar o trabalho em grupo. São apresentados e discutidos ambientes que exploram as particularidades das tecnologias de RV e RA quando aplicados a diferentes cenários de colaboração. No campo das tendências, é dada ênfase em ambientes colaborativos com suporte à mobilidade.*

### **10.1. Introdução**

A disseminação do uso dos computadores e da Internet fez surgir a questão de como estes recursos podem ser aproveitados para promover a colaboração entre usuários de grupos co-localizados e distribuídos. Com este objetivo, são desenvolvidas pesquisas na área de Trabalho Colaborativo Apoiado por Computador (CSCW - *Computer Supported Collaborative Work*), uma área de estudo interessada no trabalho em conjunto de grupos de pessoas com o apoio de computadores. Groupware (sistema ou ambiente colaborativo) é a tecnologia baseada em mídia digital que dá suporte às atividades de pessoas organizadas em grupos. Aplicações de bate-papo, mensagem instantânea, sites de relacionamentos, blogs, sistemas de recomendação e ferramentas de compartilhamento de arquivos são exemplos de groupware.

Neste contexto, os Ambientes Colaborativos de RV e RA abrem uma nova perspectiva para a colaboração em grupo, ao possibilitar que seus participantes interajam através da simulação de um mundo real ou imaginário ou através da manipulação de objetos virtuais no mundo real. O objetivo deste capítulo é, por um

lado, apresentar o que as tecnologias de RV e RA podem agregar aos sistemas colaborativos de hoje em dia e, por outro lado, discutir como as aplicações de RV e RA podem ser beneficiadas pelos avanços na área de sistemas colaborativos.

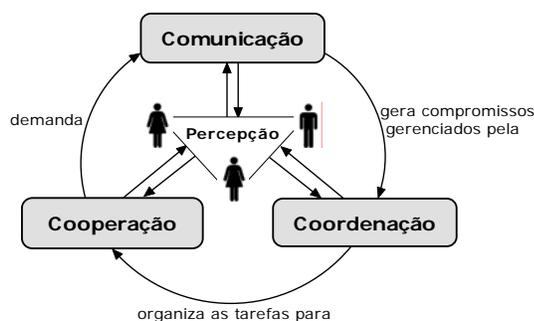
Na seção 2 é apresentada uma visão geral da Colaboração e dos sistemas colaborativos. As seções 3 e 4 abordam, respectivamente, as características dos ambientes colaborativos de RV e de RA. Na seção 5 são apresentadas tendências para estes ambientes. A seção 6 conclui este capítulo.

## **10.2. Sistemas Colaborativos**

Neste capítulo são introduzidos os conceitos básicos de Colaboração e, em especial, o relacionamento dos sistemas colaborativos com a RV e RA. O Modelo 3C de Colaboração e possíveis classificações para estes sistemas são apresentados.

### **10.2.1. Dimensões da colaboração**

Colaboração designa a ação de trabalhar em conjunto ou a realização de um trabalho em comum com uma ou mais pessoas [Ferreira 1986]. Para que haja colaboração, os membros de uma equipe precisam trocar informações (se comunicar), organizar-se (se coordenar) e operar em conjunto num espaço compartilhado (cooperar). Baseado nestes conceitos, na Figura 1 é apresentado o diagrama do Modelo 3C de Colaboração [Fuks et al 2005], um refinamento do modelo proposto por Ellis, Gibbs e Rein (1991).



**Figura 1 - Modelo 3C de Colaboração**

Comunicação é a ação de trocar mensagens para que haja entendimento comum das idéias discutidas. Na Colaboração, a Comunicação é direcionada para a ação [Fuks et al. 2003]. Os participantes de um grupo de trabalho trocam idéias e pontos de vista, apresentam seus argumentos e discutem com a finalidade de realizar negociações, tomar decisões e firmar compromissos.

Coordenação é a ação de dispor segundo uma certa ordem e método, organizar, arranjar. A Coordenação também está associada à idéia de planejamento. Fazem parte da Coordenação a identificação de objetivos, o mapeamento dos objetivos em tarefas, a seleção dos participantes e a distribuição das tarefas. Através da Coordenação, as tarefas atribuídas aos diferentes participantes são realizadas na ordem e no tempo previstos e de acordo com os objetivos e restrições determinados [Raposo e Fuks 2002].

Cooperação é a ação de operar simultaneamente. Ao cooperarem, os participantes do grupo produzem, modificam e utilizam de maneira compartilhada um conjunto informações e artefatos reais ou virtuais, tais como um documento, uma planilha, ou a peça de um carro. A Cooperação é então esta operação conjunta dos membros do grupo no espaço compartilhado a fim de que as atividades possam ser realizadas [Fuks et al. 2002].

O Modelo 3C evidencia a necessidade de os participantes terem informações sobre o que está ocorrendo. Através das informações de percepção disponibilizadas pelo ambiente, os participantes de um grupo tomam ciência, por exemplo, de quais etapas já foram terminadas e de quem é a responsabilidade de uma tarefa. Informações como estas são necessárias para que cada participante seja capaz de avaliar seu trabalho e dos demais participantes e de redirecionar suas atividades se necessário.

### 10.2.2. Sistemas colaborativos e sua classificação

DeSanctis e Gallupe (1987) utilizam a noção de tempo e de espaço, entendidos como 2 eixos, para classificar um sistema colaborativo. O eixo do tempo indica se os participantes interagem de maneira síncrona ou assíncrona, enquanto o eixo do espaço indica se eles estão fisicamente próximos ou não. Quando os interlocutores precisam estar simultaneamente conectados ao ambiente para que a colaboração se efetive, o sistema é considerado síncrono. Quando esta simultaneidade não for necessária, o sistema é considerado assíncrono. Na figura 3 são mostrados exemplos de sistemas colaborativos classificados de acordo com seu posicionamento nos 2 eixos de tempo e espaço.

		TEMPO	
		mesmo tempo (síncrono)	tempo diferente (assíncrono)
ESPAÇO	mesmo lugar (local)	<b>Interações síncronas face-a-face</b>  <i>Brainstorming</i>	<b>Interações assíncronas locais</b>  <i>Post-It Notes</i>
	local diferente (distribuído)	<b>Interações síncronas distribuídas</b>  Bate-papo Videoconferência	<b>Interações assíncronas distribuídas</b>  Correio eletrônico Fórum

**Figura 2 – Exemplo da classificação dos sistemas colaborativos em função de tempo e espaço**

Os diferentes sistemas colaborativos também são classificados quanto à sua maior tendência de oferecer itens de Comunicação, Coordenação e Cooperação (Teufel et al. 1995 apud Borghoff e Schlichter 2000). A Figura 3 esquematiza como esta classificação pode ser feita.



**Figura 3 - Classificação dos sistemas colaborativos de acordo com as dimensões do Modelo 3C**

Deve-se notar que o fato de uma aplicação ser classificada segundo uma das 3 dimensões do Modelo 3C não implica que ele não contenha funcionalidades das demais dimensões.

### **10.2.3. Realidade virtual e aumentada para a colaboração**

A idéia de colaborar em espaços virtuais não é nova. Sistemas experimentais utilizando RV para Colaboração são usados há décadas, mas apenas recentemente começaram a sair das esferas acadêmicas e militares. Esse aumento de popularidade se deve

principalmente ao aumento da capacidade de processamento das máquinas e sua redução de custos, bem como a disponibilidade cada vez maior de redes com alta velocidade. Assim, ambientes virtuais colaborativos têm conseguido bastante popularidade com os jogos multi-usuários e comunidades virtuais, tais como o Second Life [Secondlife 2007].

Em paralelo, o desenvolvimento de sistemas de RA também se volta para aplicações colaborativas. Com a RA, usuários co-localizados podem compartilhar objetos reais e virtuais em meio a um espaço comum no mundo real, não precisando estar diante de um computador. A introdução de objetos virtuais no espaço compartilhado é útil não só para possibilitar que o grupo manipule objetos inexistentes no mundo real, mas também para aumentar os objetos reais com informações que são consultadas e modificadas pelos usuários à medida que o trabalho progride.

Apesar da crescente popularidade, sistemas colaborativos de RV e RA ainda apresentam uma série de desafios em seu desenvolvimento. Entre esses desafios, podem ser mencionados os problemas relacionados ao gerenciamento de recursos de rede, ao processamento gráfico em tempo real e à sincronização de visão em aplicações multi-usuários (por exemplo, manutenção de consistência do estado de objetos compartilhados entre os usuários). Existem também as dificuldades específicas de RV e RA. Em RV, por exemplo, há a dificuldade de se manipular os objetos do mundo virtual e a necessidade de se criar avatares realistas para ampliar tanto a capacidade de comunicação entre os participantes quanto o sentimento de presença no grupo. Em RA, por exemplo, há o problema da precisão de registro (i.e., alinhamento preciso dos objetos virtuais sobre os objetos reais) e do desenvolvimento de dispositivos de apresentação para misturar os objetos virtuais e reais [Filippo et al. 2005]. Somado a tudo isso, há também as dificuldades específicas da área de aplicação, tais

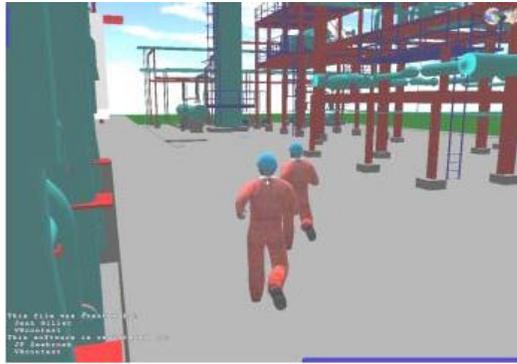
como a integração com grandes bases de dados (por exemplo, para as informações geográficas de simulações militares) e questões de segurança (para aplicações de comércio eletrônico, por exemplo).

Normalmente, a literatura de ambientes virtuais colaborativos enfoca os problemas ligados à infra-estrutura tecnológica para o desenvolvimento dos mesmos [Singhal e Zyda 1999, Macedônia e Zyda 1997, Rodrigues et al. 2004]. Neste capítulo, os ambientes colaborativos de RV e RA são analisados conforme suas características para Colaboração apresentadas nas seções anteriores.

### **10.3. Ambientes Colaborativos de Realidade Virtual**

Os ambientes virtuais colaborativos (CVEs – Collaborative Virtual Environments) apresentam grande potencial para o suporte ao trabalho colaborativo. Um CVE é definido como uma simulação em tempo real de um mundo real ou imaginário, onde usuários estão simultaneamente presentes e podem navegar e interagir com objetos e outros usuários [Hagsand 1996]. Em CVEs, os usuários são representados por avatares (Figura 4).

De uma maneira geral, os CVEs são usados para Colaboração com usuários localizados remotamente e, do ponto de vista temporal, podem ser tanto síncronos quanto assíncronos. Nos últimos anos, têm sido realizados trabalhos no sentido de desenvolver CVEs para usuários no mesmo local, criando ambientes “fisicamente compartilhados” [Mulder e Boschker 2004, Kitamura et al. 2001]. Porém, este capítulo se restringirá aos CVEs para usuários remotamente localizados.



**Figura 4 – Exemplo de CVE: Walkinside Viewer, para visualização de modelos CAD de engenharia [VRContext 2007]**

CVEs também apresentam características bastante interessantes no que diz respeito a Comunicação, Coordenação e Cooperação. A Comunicação geralmente é realizada através de ferramentas de bate-papo, que acompanham os CVEs mais simples, ou na forma de áudio e videoconferência, que acompanham os CVEs mais sofisticados. A Coordenação é elemento-chave em CVEs usados para fins específicos, como os militares e os jogos multi-usuários. A Cooperação, por sua vez, faz parte da própria natureza dos CVEs, que são literalmente espaços de trabalho compartilhados.

Nas próximas seções serão apresentados alguns CVEs, classificados de acordo com seu propósito principal, dentre as dimensões do Modelo 3C de Colaboração.

### **10.3.1. Comunicação em CVEs**

Em CVEs, os usuários, na forma de seus avatares, são livres para navegar no espaço virtual, encontrando-se uns com os outros. Dessa forma, um canal de comunicação verbal ou não-verbal é uma necessidade primária em CVEs. A comunicação verbal está

presente em chats e canais de áudio e vídeo que podem acompanhar o CVE. Além dessas possibilidades, que também são típicas de aplicações colaborativas de desktop, a Comunicação é ampliada em CVEs pela capacidade de comunicação não-verbal, tais como gestos, expressões faciais, e postura do avatar.

A noção de espaço e a metáfora de mundo real oferecidas por CVEs também trazem possibilidades de percepção que não são triviais em aplicações de desktop. Por exemplo, a movimentação dos avatares antecipa intenções dos usuários e revela a expectativa que os demais usuários têm a seu respeito (por exemplo, um avatar se aproximando do outro pode indicar que ele deseja se comunicar).

Os CVEs voltados para Comunicação são plataformas de interação social, onde os usuários normalmente se encontram casualmente e se comunicam. Um exemplo de CVE focado na Comunicação é o Active Worlds [Active Worlds, 2007], uma ferramenta para a criação de chats 3D na Web.

Outro CVE voltado para a Comunicação é o FreeWalk [Nakanishi 2004]. Em sua primeira versão, o FreeWalk apresentava-se como uma videoconferência espacial, voltada para o suporte a encontro casuais. Cada avatar é representado por uma janela 2D no ambiente 3D, que transmite seu áudio e vídeo aos demais. A noção espacial acrescenta os conceitos de localização e direção do olhar às videoconferências tradicionais. Em sua segunda versão, foi acrescentado um agente autônomo participante do ambiente, cujo objetivo é facilitar a encontro casual entre estranhos (recurso de Coordenação). Em sua terceira versão, o sistema apresenta simulações de situações reais: uma situação de desastre onde os participantes (humanos e agentes) assumem papéis em um processo de evacuação (foco na Cooperação).

Apesar de poder ser feita de forma assíncrona (devido à possibilidade de alterar e deixar recados em artefatos do mundo virtual), a Comunicação nos CVEs geralmente é síncrona.

### **10.3.2. Coordenação em CVEs**

Além da potencialidade dos CVEs para a Comunicação, também é reconhecido seu potencial para a Colaboração baseada em artefatos (Cooperação), uma vez que CVEs disponibilizam objetos e dados no espaço virtual [Zhang e Furnas 2002]. Coordenação, dentre as 3 dimensões da colaboração, é ainda a menos explorada nos CVEs.

Entretanto, CVEs voltados para simulações militares e jogos multi-usuários são exemplos de aplicações colaborativas que necessitam de sofisticados mecanismos de Coordenação para garantir a realização das tarefas [Capps et al. 2001].

Um uso relativamente comum de CVEs que permite classificá-los como ferramenta focada em Coordenação é o treinamento. O SAVE [Holm et al. 2002], por exemplo, é uma aplicação para treinar trabalhadores em situações de emergência em refinarias de petróleo. Tais situações são simuladas no ambiente virtual e o treinamento usa uma metáfora de “Deus Grego”, onde a pessoa a ser treinada é o “herói”, que realizará as tarefas no ambiente virtual, e o instrutor é o “Deus no Olimpo”, que coordena toda a simulação (altera parâmetros, move objetos e o herói, etc)

### **10.3.3. Cooperação em CVEs**

Cooperação é a dimensão da colaboração mais próxima dos CVEs. Mesmo nos CVEs focados na Comunicação e na Coordenação, a Cooperação está sempre materializada no espaço virtual, onde ocorrem as interações entre os usuários. Por outro lado, é possível conceber CVEs apenas com serviços de Cooperação, como é o caso do Walkinside Viewer [VRContext 2007], ilustrado na Figura 4.

Neste CVE, vários usuários podem acessar o ambiente virtual (na verdade, um modelo CAD) e navegar por ele, sem qualquer recurso de Comunicação ou Coordenação (assume-se que isto é feito por meios externos à aplicação, como o telefone).

CVEs trazem novas possibilidades a vários aspectos essenciais à Cooperação, tais como a noção de contexto compartilhado e a percepção mútua entre os usuários [Snowdon et al. 2001]. A noção de contexto compartilhado está relacionada às informações perceptuais dos objetos e eventos que podem ser explorados e manipulados no espaço de trabalho. Por exemplo, quando a Cooperação se baseia em artefatos (documentos compartilhados, por exemplo), é a visualização das alterações nesses artefatos que direciona as ações futuras dos usuários. A percepção está ligada a “entender as atividades dos outros para prover o contexto para suas próprias atividades” [Dourish e Bellotti 1992]. Nesses aspectos, a representação dos avatares e os recursos de visualização no espaço 3D podem ampliar a capacidade de entender o que os outros usuários estão fazendo, em que objetos eles estão atuando, o que se espera que eles vão fazer em seguida (por exemplo, se eles estão indo para outro lugar), etc. Esta capacidade dos CVEs está ligada ao fato deles estarem mais próximos da representação do mundo real do que as aplicações de desktop, onde a transmissão de todas essas informações não é tão natural.

#### **10.4. Ambientes Colaborativos de Realidade Aumentada**

Azuma (2001) define um sistema de Realidade Aumentada como sendo aquele que possui as seguintes características: combina objetos reais e virtuais num ambiente real; opera interativamente e em tempo real, e registra (alinha) objetos reais e virtuais uns com os outros. Uma vez que a RA é, por definição, fortemente direcionada para a apresentação e manipulação de objetos virtuais,

os ambientes prestam-se naturalmente ao compartilhamento destes objetos e, conseqüentemente, ao suporte à Cooperação (Figura 5). Quando estes objetos são utilizados para orientar e direcionar o usuário nas atividades do seu trabalho, os sistemas de RA estão provendo suporte à Coordenação. A Comunicação através de objetos virtuais é a menos explorada em ambientes colaborativos de RA, pois estes aproveitam as tecnologias já mais estabelecidas de áudio e vídeo-conferência.

Para Billinghurst and Kato (2002), a principal característica de ambiente colaborativos de RA é a natureza “sem cortes” da interface RA, onde usuários vêem-se uns aos outros ao mesmo tempo em que vêem objetos virtuais em meio a eles. A transição entre o real e o virtual é mais suave, não ficando delimitada pela tela do computador ou pelo mundo virtual dos CVE. Billinghurst and Kato também ressaltam que as interfaces RA para usuários co-localizados, ao contrário de outras tecnologias de CSCW, não fazem a separação entre o espaço de comunicação e o espaço de tarefas (sob a ótica do Modelo 3C, espaço de Cooperação).



**Figura 5 – Exemplo de ambiente colaborativo de RA**

Em RA, diferentes objetos virtuais podem ser apresentados para diferentes usuários, possibilitando a existência de espaços

públicos e privados e de diferentes visões do espaço compartilhado. Por exemplo, enquanto um usuário vê sobre uma parede a tubulação de água, o outro vê o cabeamento elétrico.

As diferentes visões do espaço compartilhado em ambientes colaborativos de RA co-localizados introduz o problema de se ter que garantir um entendimento comum sobre este espaço [Azuma 2001]. Deve-se evitar, por exemplo, que um usuário aponte para um objeto e o outro usuário veja um objeto diferente naquele lugar. Outras questões a serem tratadas são compartilhamento e colisão de objetos virtuais e o fato de que o uso de capacetes ou óculos do tipo vídeo-through em ambientes co-localizados ou em vídeo-conferências impede que os usuários vejam os olhos uns dos outros.

#### **10.4.1. Comunicação em RA**

A operação em tempo real característica da RA, presente em sua própria definição, reflete-se no uso freqüente de comunicação síncrona nestes ambientes. Nos casos em que os usuários estão co-localizados, a comunicação é realizada diretamente, sem necessidade do ambiente para intermediá-la. No caso de se ter interlocutores fisicamente distantes, áudio-conferência [NetAttack 2007] e vídeo-conferência [Etälä 2007] têm sido a solução adotada. Observa-se, porém, que na áudio e na videoconferência a troca de mensagens não faz uso de objetos virtuais, isto é, nestes casos a Comunicação não é baseada na tecnologia de RA.

Um exemplo clássico sistema de comunicação de RA propriamente dito é apresentado no filme Guerra nas Estrelas de George Lucas. Neste filme, os personagens conversam com interlocutores remotos apresentados como uma imagem virtual de corpo inteiro e em tamanho real. Um sistema de videoconferência RA que segue esta abordagem é apresentado em [Billinghurst, et al.

2002]. Neste sistema, o rosto do interlocutor remoto é apresentado como um objeto virtual sobre um marcador. Vários interlocutores, móveis ou em desktops, podem participar da conferência simultaneamente. Os marcadores funcionam como monitores virtuais, com a vantagem de poderem ser rearrumados livremente na mesa de trabalho e de serem carregados por usuários móveis. Um ambiente de Comunicação RA como este evita as limitações da áudio conferência, como falta de visão dos interlocutores, da vídeo-conferência, como dificuldade de capturar movimentos sutis e de obter informações sobre o espaço em que estão os participantes, e dos CVE, como desconexão do mundo real, mas ainda requer melhorias devido à necessidade de uso do capacete e de rastreamento e registro [Billinghurst e Kato 2002].

Outra opção para a realização de comunicação síncrona é o uso de quadros-brancos virtuais [Etälä 2007]. Embora este seja um artefato destinado para desenhar esboços e esquemas, ele também é usado como suporte para a troca de mensagens.

Os ambientes de RA já apresentam diferentes soluções para a comunicação em ambientes síncronos. Estas podem ser estendidas para os cenários assíncronos: nos exemplos acima, disponibilizando um replay da imagem dos interlocutores falando uma mensagem ou mantendo entre sessões de trabalho as mensagens escritas no quadro-branco.

#### **10.4.2. Coordenação em RA**

No contexto dos ambientes colaborativos de RA, serviços de Coordenação são usualmente oferecidos em conjunto com outros serviços e diferenciam-se das aplicações típicas de Coordenação oferecidas nos desktops, como workflow e agenda compartilhada.

Este é o caso dos ambientes MARS - Mobile Augmented Reality Systems [Feiner 2006] e OCAR - Outdoor Collaborative Augmented Reality [Reitmayr 2004], que são sistemas colaborativos móveis, sensíveis à localização, em que usuários visitam uma área externa e consultam informações sobre ela. Nestes ambientes, objetos virtuais como bandeiras, caminhos e estacas são utilizados para que usuários conhecedores do ambiente coordenem os visitantes até que estes cheguem ao seu destino. Outro exemplo de suporte à Coordenação está presente em funcionalidades do sistema de busca de informações do OCAR. Esta aplicação possibilita que um guia de turismo coordene um grupo de turistas, selecionando e disparando em seus visores objetos virtuais que chamam a atenção para pontos de interesse que devem ser observados a cada momento.

Assim como no caso dos sistemas focados na Comunicação, ambientes colaborativos de RA co-localizados ou em ambientes remotos não precisam necessariamente prover mecanismos de Coordenação explícitos. A Coordenação de um grupo pode se dar através do protocolo social, isto é, através da habilidade dos participantes de mediar as interações.

#### **10.4.3. Cooperação em RA**

Assim como nos CVEs, os ambientes colaborativos de RA estão fortemente associados à Cooperação. Na essência da tecnologia RA está a apresentação e manipulação de objetos virtuais no mundo real, provendo o suporte necessário para que a operação conjunta no espaço compartilhado (Cooperação) ocorra. Mais que isto, este espaço compartilhado é o mundo real e a manipulação dos objetos não é necessariamente delimitada por uma tela de monitor nem precisa ficar presa em torno de uma mesa, abrindo novas possibilidades de suporte à Cooperação.

A maioria dos ambientes colaborativos de RA trabalha com o aumento do sentido da visão em cenários síncronos co-localizados ou remotos. Uma exceção é o AGroove, voltado para a criação conjunta de música com instrumentos reais e virtuais [Poupyrev et al. 2000]. Há ainda algumas aplicações que fazem uso simultâneo de RA e RV [Magic Book 2007, Etälä 2007].

A visualização dos diferentes participantes de um grupo pode se dar de diferentes formas. Em ambientes co-localizados, usuários com capacetes ou óculos especiais podem trabalhar em grupo com objetos virtuais como se eles existissem num mesmo ponto do espaço físico [Billinghurst et al. 2001, Kaufmann 2006]. Outra maneira é cada participante ver os objetos de trabalho através do visor do PDA, celular ou monitor [Wagner et al. 2005, Wagner et al. 2006]. A tecnologia de projeção possibilita que o grupo opere com objetos físicos sobre os quais são projetados objetos virtuais, além de prover meios para que objetos reais sejam camuflados [Inami et al. 2000]. No caso de usuários remotos, não há alternativa: as imagens do mundo real têm que ser transmitidas e, junto com as imagens dos objetos virtuais, devem ser visualizadas através de uma tela de vídeo [Feiner 2006, Etälä 2007].

### **10.5. Conclusões e Tendências**

Considerando o Modelo 3C de Colaboração, a Comunicação apresenta-se como elemento importante nos ambientes de RV, visto que eles são desenvolvidos em sua maioria para usuários remotamente localizados, o que não acontece na maioria dos sistemas colaborativos de RA. Já os serviços de Coordenação, quando existentes, são usualmente oferecidos em conjunto com outros tipos de serviços. O grande potencial dos sistemas colaborativos de RV e RA, principalmente se comparado aos sistemas em desktop, está no suporte à Cooperação, tendo em vista

que eles têm como base a interação e manipulação de objetos em espaços compartilhados.

Os ambientes colaborativos de RV e RA são, por si só, uma tendência nos sistemas de software e, da mesma forma, os sistemas colaborativos fazem parte cada vez mais do dia-a-dia das pessoas. A difusão e, principalmente, a fusão destas tecnologias abrirá novas oportunidades para que participantes de um grupo trabalhem em conjunto, pois possibilitam que este grupo interaja no ambiente real ou em simulações de ambientes tridimensionais, ao invés das telas bidimensionais do computador. Desta forma aumenta-se o grau de percepção mútua e de compartilhamento de contexto, fatores importantes para que a Colaboração se realize.

Mark Weiser, considerado o pai da Computação Ubíqua, observou que a Realidade Virtual apresenta-se como o oposto da Computação Ubíqua: segundo ele, a Realidade Virtual tenta colocar o mundo real dentro do computador, simulando-o parcialmente e envolvendo o usuário neste mundo virtualizado, enquanto na Computação Ubíqua são os equipamentos computacionais que permeiam o mundo real do usuário, enriquecendo-o [Weiser 1991]. É interessante, portanto, situar a Realidade Aumentada sob esta ótica: ao utilizar a tecnologia da Realidade Virtual no mundo real, a Realidade Aumentada, especialmente no caso dos sistemas que fazem uso de equipamentos móveis, também enriquece e permeia o ambiente real. Uma vez que a tecnologia produz equipamentos cada vez menores, mais poderosos, mais portáteis, “vestíveis” e com capacidade de estarem continuamente conectados, a tendência é que um grande número dos sistemas de Realidade Aumentada se tornem Sistemas de Realidade Aumentada Ubíqua. Desta forma, a Realidade Aumentada Ubíqua deverá diminuir cada vez mais a distância entre a Realidade Virtual e a Computação Ubíqua (mundo real), no sentido de que a transição entre os extremos do Contínuo

de Milgram [Milgram 1994] irá se tornar cada vez mais suave e transparente ou, como na proposta de Tecnologia Calma de Weiser [Weiser 1995], mais calma e invisível.

Com a possibilidade de mobilidade dos usuários, outra tendência dos ambientes de RV e RA é o das aplicações sensíveis à localização. O uso de serviços e informações disponibilizados em função da localização do usuário apresenta grande potencial para novas formas de Colaboração. Em ambientes como o OCAR e MARS, o usuário tem acesso à informação no próprio local, ancorado ao mundo físico e com possibilidade de interagir e de modificá-la. Ao observar isto, Höllerer [1999] chega a afirmar que “o mundo se torna a interface”. Estes sistemas podem significar o início do WorldBoard proposto por Spohrer [1997]: um hipertexto espacial, com abrangência mundial, de informações ancoradas a locais e objetos físicos.

## **Referências**

Active Worlds, <http://www.activeworlds.com/> Acesso em Jan/2007

Azuma, R.; Bailiot, Y.; Behringer, R.; Feiner, S.; Julier, S.; Macintyre, B. (2001) “Recent advances in augmented reality”. IEEE Computer Graphics and Applications, v.21, n.6, Nov/Dez, pp 34-47

Billinghurst, M. Cheok, A. Prince, S. Kato, H. (2002) “Real world teleconferencing”. Computer Graphics and Applications, IEEE, v.22, n.6, Nov/Dez, ISSN: 0272-1716, pp 11-13

Billinghurst, M. and Kato, H. (2002) "Collaborative Augmented Reality". Communications of the ACM, Vol. 45, No. 7, July, ISSN:0001-0782, pp.64 – 70

- Billingham, M., Kato, H., Poupyrev, I. (2001) The MagicBook: Moving Seamlessly between Reality and Virtuality, IEEE Computer Graphics and Applications, Maio/Jun, pp. 2-4
- Borghoff, U.M.; Schlichter, J.H. (2000) "Computer-Supported Cooperative Work: Introduction to Distributed Applications", Springer, USA.
- DeSanctis, G. e Gallupe, B. (1987) "A foundation for the study of group decision support systems", Management Science, v. 33, n. 5, pp. 589-609
- Dourish, P. & Bellotti, V. (1992) "Awareness and Coordination in Shared Workspaces" Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW), eds: Turner e Kraut, pp. 107-114.
- Ellis, C. A., Gibbs S. J. e Rein, G. L. (1991) "Groupware – Some Issues and Experiences", Communications of the AM, Jan, vol 34, n.1, pp 38-58
- Etälä - <http://www.automation.hut.fi/projects/etala/index.html>  
Acesso em: Jan/2007.
- Feiner, S.; Höllerer T.; Gagas, E.; Hallaway, D.; Terauchi T.; Güven, S.; MacIntyre B. "MARS – Mobile Augmented Reality System" <http://www1.cs.columbia.edu/graphics/projects/mars>, Acesso em Jan/2007
- Ferreira, A.B.H. (1986) Novo Dicionário da língua portuguesa. 2. ed. Rio de Janeiro, Nova Fronteira.
- Filippo, D., Endler, M e Fuks, H. "Colaboração móvel com realidade aumentada". Monografias em Ciência da Computação 01/05 Ed: Carlos José Pereira de Lucena, Jan 2005, ISSN 0103-9741, 33 p., <http://bib-di.inf.puc-rio.br/techreports/2005.htm>
- Fuks, H., Raposo, A. e Gerosa, M.A. (2002) "Engenharia de Groupware: Desenvolvimento de Aplicações Colaborativas", XXI Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXII

- Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, v.2, Cap. 3, ISBN 85-88442-24-8, pp 89-128.
- Fuks, H., Gerosa, M.A. e Pimentel, M. (2003) “Projeto de Comunicação em Groupware: Desenvolvimento, Interface e Utilização”, XXII Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, v.2, cap. 7, ISBN 85-88442-59-0, pp. 295-338.
- Fuks, H., Raposo, A., Gerosa, M.A. e Lucena, C.J.P. (2005) Applying the 3C Model to Groupware Development. International Journal of Cooperative Information Systems (IJCIS), v.14, n.2-3, Jun-Sep 2005, World Scientific, ISSN 0218-8430, pp 299-328
- Hagsand, O. “Interactive Multiuser VEs in the DIVE System”, IEEE Multimedia, 3(1):30-39. Spring 1996.
- Höllerer T.; Feiner S.; Terauchi T.; Rashid, G.; Hallaway, D. (1999) “Exploring MARS: developing indoor and outdoor user interfaces to a mobile augmented reality system” Computers and Graphics, v. 23, n.6, Elsevier Publishers, Dez, p. 779-785
- Holm, R., Priglinger, M. , Stauder, E., Volkert, J., Wagner. R. (2002) “A Combined Immersive and Desktop Authoring Tool for Virtual Environments”. IEEE Virtual Reality 2002, USA, pp. 93-100.
- Inami M., Kawakami, N., Sekiguchi, D. Yanagida, Y. (2000) “Visuo-Haptic Display Using Head-Mounted Projector” IEEE Virtual Reality 2000, USA, pp. 233-240.
- Kaufmann, H. (2006) “The potential of augmented reality in dynamic geometry education”, 12th International Conference On Geometry and Graphics (ISGG), Ago 6-10, Salvador, Brasil
- Kitamura, Y., Konishi, T., Yamamoto, S. e Kishino, F. (2001) “Interactive stereoscopic display for three or more users”,

- Computer Graphics (SIGGRAPH 2001 Proceedings), v.35, pp 231–239.
- Macedonia, M. R. e Zyda, M. J. (1997) “A Taxonomy for Networked Virtual Environments. IEEE Multimedia”, vol. 4 n.1 Jan/Mar, pp 48-56
- Michael Capps, Perry McDowell, and Michael Zyda, (2001) “A future for entertainment-defense research collaboration,” IEEE Computer Graphics and Applications, v. 21, n.1, pp. 37–43
- Milgram, P.; Kishino, F. (1994) “A taxonomy of mixed reality visual displays”, IEICE Transactions on Information Systems, v. E77-D, n.12, Dez, pp. 1321-1329
- Mulder, J. D. e Boschker, B. R. (2004) "A Modular System for Collaborative Desktop VR/AR with a Shared Workspace", IEEE Conference on Virtual Reality (VR' 04), Amsterdam, pp. 75-82.
- Nakanishi, H. (2004) “FreeWalk: a social interaction platform for group behaviour in a virtual space”. International Journal of Human-Computer Studies, v.60, n.4, April, pp. 421-454.
- NetAttack - [http://www.fit.fraunhofer.de/projekte/netattack/index\\_en.xml?aspect=spielidee](http://www.fit.fraunhofer.de/projekte/netattack/index_en.xml?aspect=spielidee), Acesso em Jan/2007
- Poupyrev, I., Berry, R., Kurumisawa, J., Nakao, K., Billingham, M., Airola, C., Kato, H., Yonezawa, T. e Baldwin, L. (2000) “Augmented Groove: Collaborative Jamming in Augmented Reality”, SIGGRAPH' 2000 Conference Abstracts and Applications, pp. 77
- Raposo, A. e Fuks, H. (2002) “Defining Task Interdependencies and Coordination Mechanisms for Collaborative Systems”. in: Blay-Fornarino, M., Pinna-Dery, A. M., Schmidt, K. & Zaraté, P.; Cooperative Systems Design (vol 74 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications), ISBN 1-58603-244-5 IOS Press, Amsterdam, pp 88-103.

- Reitmayr, G.; Schmalstieg, D. (2004) "Collaborative augmented reality for outdoor navigation and information browsing", 2<sup>nd</sup> Symposium on Location Based Services and TeleCartography, Viena, Jan, p. 53 - 62
- Rodrigues, L. C. R., Kubo, M. M., Rodello, I. A., Sementille, A. C., Tori, R., Brega, J. R. F. (2004) "Ambientes Virtuais Distribuídos". Realidade Virtual: Conceitos e Tendências – Pré-Simpósio SVR 2004, C. Kirner & R. Tori (eds.), SBC, pp 43-59
- Second Life - <http://secondlife.com/> Acesso em Jan/2007
- Singhal, S. e Zyda, M. (1999) "Networked Virtual Environments: Design and Implementation", Addison-Wesley, USA, 1999. ISBN 0-201-32557-8
- Snowdon, D., Churchill, E. F. e Munro, A. J. (2001) "Collaborative Virtual Environments: Digital Spaces and Places for CSCW: An Introduction", Collaborative Virtual Environments: Digital Places and Spaces for Interaction, E. F. Churchill, D. Snowdon and A. J. Munro (eds), cap 1, Springer-Verlag, pp. 3-17
- Spohrer, J. (1997) What comes after the WWW?. ISITalk 1997 <http://www.worldboard.org/pub/spohrer/wbconcept/default.html> Acesso em Jan.2007
- Teufel, S., Sauter, C., Mühlherr, T. e Bauknecht, K. (1995) "Computerunterstützte Gruppenarbeit". Bonn: Addison-Wesley
- Wagner, D. Pintaric, T. Ledermann, F. e Schmalstieg, D. (2005) "Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices". 3<sup>rd</sup> International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2005), Munique
- Wagner, D., Schmalstieg, D., Billinghamurst, M.. (2006) Handheld AR for Collaborative Edutainment. In Proceedings of the 16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT 2006), Nov, 29 – Dec,1, Hangzhou, China.

- Weiser, M. (1991) “The computer for the twenty-first century”, Scientific American, Set, pp. 94-100
- Weiser M. (1995) Designing Calm Technology, Dez, 21, [www.ubiq.com/weiser/calmtech/calmtech.htm](http://www.ubiq.com/weiser/calmtech/calmtech.htm), Acesso em: Jan/2007
- VRContext. Walkinside – Visualization for the Industry. <http://www.walkinside.com>, Acesso em Jan/2007
- Zhang, X, & Furnas, G. (2002) “Social interactions in multiscale CVEs”. 4<sup>th</sup> International Conference on Collaborative Virtual Environments, CVE’02, ACM Press, pp 31-38