

REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO DESIGN

Bruno Chagas Alves Fernandes

Doutorando da Universidade Politécnica da Catalunha

brunofer@gmail.com

Joaquín Fernández Sánchez, Dr.

Professor da Universidade Politécnica da Catalunha

Universitat Politècnica de Catalunya

Laboratori d'Aplicacions Multimèdia

Av. Diagonal 647 - Planta 5

Barcelona 08028 ES

RESUMO

Este artigo apresenta o estado da arte da Realidade Aumentada aplicada ao design. São apresentados exemplos de aplicações da Realidade Aumentada em áreas como design de produtos, arquitetura, indústria automotiva, educação e design colaborativo. Também é apresentada uma rápida visão geral sobre as tecnologias envolvidas na criação de aplicações de Realidade Aumentada.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada, Realidade Mista, Realidade Virtual, Design, CAD.

AUGMENTED REALITY APPLIED TO DESIGN

ABSTRACT

This paper presents a survey on the state-of-art of Augmented Reality applied to design. Some examples of Augmented Reality applications in areas like product design, architecture, automotive industry, education and collaborative design are shown. A brief overview about the technologies involved in the creation of Augmented Reality applications is also presented.

KEYWORDS: Augmented Reality, Mixed Reality, Virtual Reality, Design, CAD.

REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO DESIGN

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta o estado da arte da Realidade Aumentada aplicada ao design. Tecnologias como o CAD (*Computer Aided Design*) e a Realidade Virtual (RV) já estão incorporadas nos procedimentos de design. Acredita-se que a próxima tecnologia que surgirá para assistir aos designers será a Realidade Aumentada (RA).

O termo Realidade Aumentada se refere a um sistema no qual o meio físico onde uma pessoa se encontra é combinado em tempo real com informações interativas geradas por computador, criando uma percepção ampliada do ambiente ao seu redor [1][2] [3].

A Realidade Aumentada pode ser considerada uma variante da Realidade Virtual. As tecnologias de Realidade Virtual imergem por completo o usuário num ambiente sintético. Enquanto imerso, o usuário não pode ver o mundo real ao seu redor. Ao contrário, a RA permite que o usuário veja o mundo real, com objetos e sons sobrepostos ou combinados a este. Portanto, a RA complementa a realidade, em lugar de substituí-la. Num cenário ideal, o usuário deveria ter a impressão de que os objetos virtuais e reais co-existem no mesmo espaço, sendo muito difícil distinguir o real do virtual. A Figura 1 mostra um exemplo de uma cena de RA. Nela podemos ver uma mesa e telefone reais, porém, a lâmpada e as cadeiras são virtuais.



Figura 1 – Mesa real com cadeiras virtuais.

Além de adicionar objetos a um ambiente real, a RA também tem o potencial de remover objetos desse ambiente. As sobreposições gráficas também podem ser usadas para remover ou esconder partes do ambiente real. Por exemplo, para remover uma mesa de um ambiente real poderia se desenhar por cima da mesa uma representação da parede verdadeira bem como do piso verdadeiro, criando a ilusão de que a mesa não existe [1]. Apesar de possível, a remoção de objetos é uma tarefa bem mais complicada que a adição.

Milgram [4] descreve uma taxonomia que identifica como a Realidade Aumentada e a Realidade Virtual estão relacionadas. Ele definiu uma escala que possui dois extremos, de um lado estão os Ambientes Reais e do outro os Ambientes Virtuais, onde a RA é uma parte da Realidade Mista (ou Realidade Misturada), conforme ilustra a Figura 2. Tanto na

Virtualidade Aumentada quanto nos Ambientes Virtuais (Realidade Virtual) o ambiente é sintetizado pelo computador, enquanto que na RA o ambiente é real.

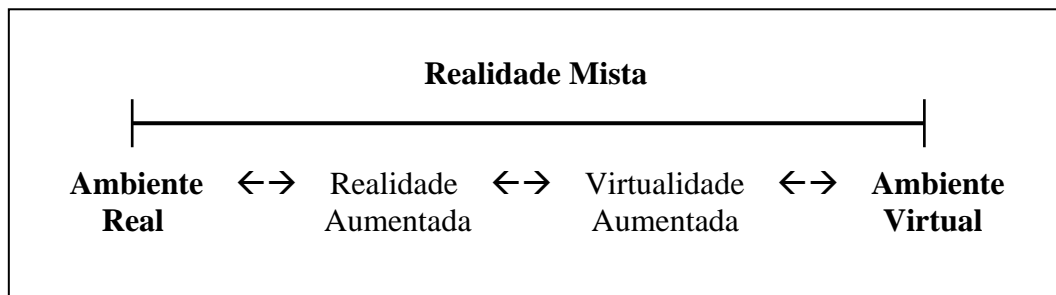


Figura 2 – Sequência entre os Ambientes Reais e os Ambientes Virtuais.

A Realidade Mista é a estrutura geral que inclui as transições entre o ambiente real e o ambiente virtual, passando pela Realidade Aumentada e Virtualidade Aumentada, mas excluindo os extremos, considerados como condições limites. A Virtualidade Aumentada é muito parecida com a RA, porém está mais próxima da Realidade Virtual. Trata-se da adição de objetos reais a um Ambiente Virtual.

2. APLICAÇÕES

Nesta seção será apresentada uma visão geral de algumas aplicações de Realidade Aumentada desenvolvidas na área do design.

2.1 Design de Produtos

Baseado em [5], a avaliação do design de um produto normalmente envolve a demonstração do trabalho do designer. A visualização deve demonstrar com convicção que o design se enquadra tanto espacialmente como esteticamente em seu ambiente. Para transmitir essa informação, normalmente se constrói modelos em escala ou maquetes. Usando dispositivos de RA, os usuários podem interagir com os objetos de uma forma natural, perceber e compreender mais facilmente as características do design, e julgar o impacto visual do produto acabado.

Como Klinker et al. [6] afirmam, uma das áreas de aplicação mais promissoras da RA é a concepção de novos produtos, como automóveis ou imóveis. Historicamente esta tem sido a área de domínio da RV. Na Realidade Virtual, modelos digitais são apresentados com grande realismo em caros sistemas de visualização tais como CAVEs ou *Projection Walls*.

No entanto, designers e arquitetos ainda não se comprometeram plenamente à abordagem da RV. Uma das razões pode ser porque os sistemas de visualização especiais, tais como *Projection Walls* não permitem a visualização dos modelos digitais dentro de um ambiente real. Além disso, é difícil para os designers compararem um novo modelo digital com modelos físicos existentes [6].

A RA pode ajudar a atenuar esses problemas, colocando os objetos virtuais lado a lado com os objetos reais. Por exemplo, no projeto Fata Morgana [6] é possível apresentar um carro virtual num *show room*, lado a lado com carros reais. Os designers podem inspecioná-lo, caminhar ao seu redor, e compará-lo com outros modelos como se estivessem olhando para um carro real.

Embora não seja possível eliminar completamente o uso de modelos de argila do processo de design de um carro, os criadores do Fata Morgana esperam que seu sistema permita aos designers realizar mais iterações em um prazo mais curto e usar modelos de argila apenas para a apresentação final do projeto.



Figura 3 – Carro virtual (esquerda) ao lado de uma maquete real [6].

Augmented Foam [7] é um sistema tangível de RA para o design de produtos. Neste sistema, uma maquete de espuma recebe a superposição de um objeto virtual 3D gerado com o mesmo modelo CAD usado para a criação da maquete. Para sintetizar corretamente a mão do usuário sobre o objeto virtual foi necessário corrigir o problema da oclusão. O problema da oclusão é comum em sistemas de RA e acontece quando um objeto virtual se sobrepõe indevidamente sobre um objeto real [1][2].

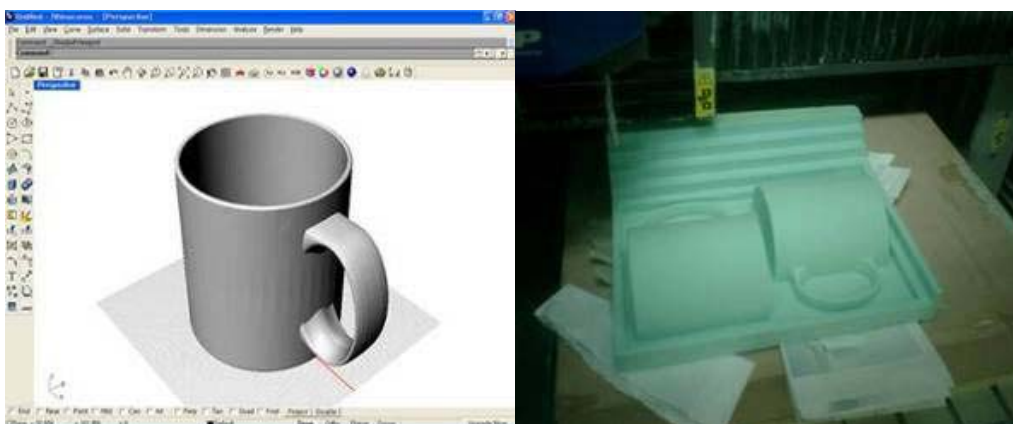


Figura 4 – Augmented Foam: modelo 3D CAD (esquerda) e maquete de espuma (direita) [7].

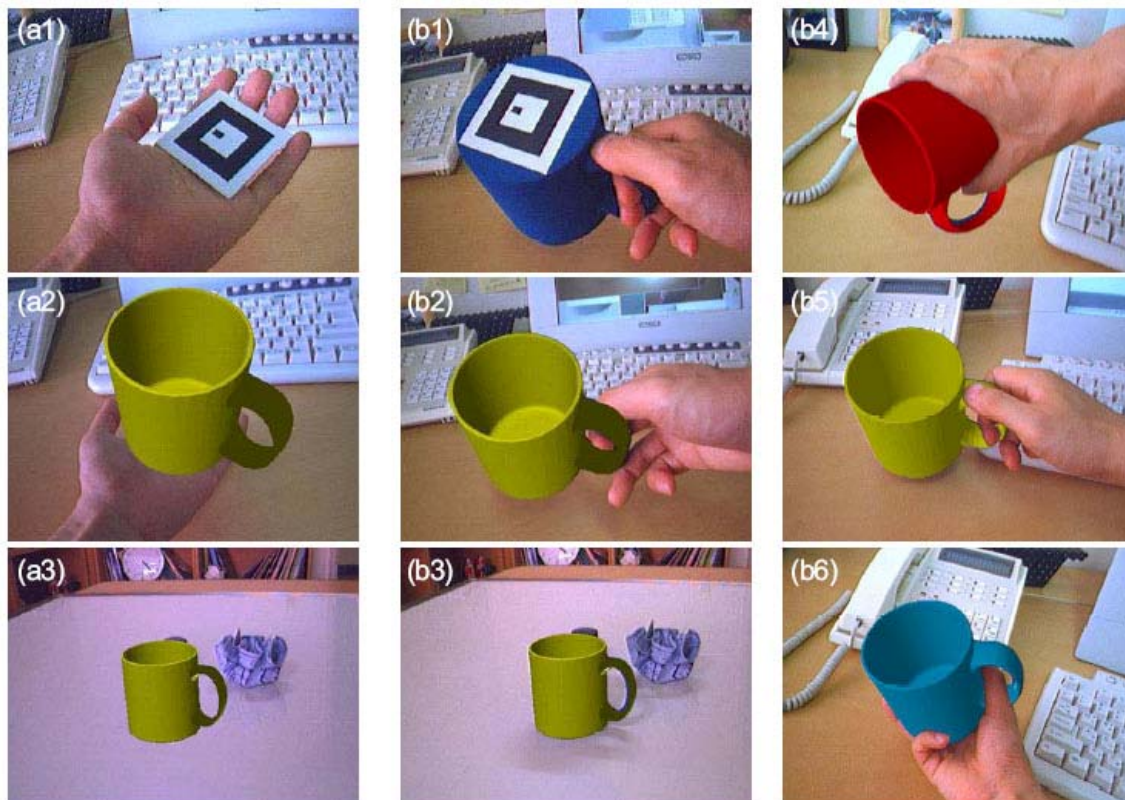


Figura 5 – RA normal (a1~a3) e Augmented Foam (b1~b6): (a1) marcador (a2) sobreposição virtual sobre um marcador (a3) sobreposição virtual sobre uma mesa, (b1) Augmented Foam sem sobreposição virtual, (b2) Augmented Foam com sobreposição virtual (problema da oclusão), (b3) Augmented Foam sobre uma mesa, (b4~b6) Augmented Foam com correção de oclusão [7].

Com uma abordagem de design centrado no usuário, SmartSketches [8] visa melhorar a usabilidade dos sistemas de design de produtos nos estágios primários onde lápis e papel ainda reinam. Neste projeto estão sendo desenvolvidas interfaces multimodais inovadoras combinando esboços, gestos e fala para realizar tarefas de design em diferentes contextos, desde pequenos *tablets* a telas de grande tamanho e ambientes imersivos.

No âmbito do projeto SmartSketches, Santos et al. [9] criaram uma técnica 3D interativa que permite um *tape drawing* virtual e aumentado, com as duas mãos, sobre uma maquete física ou virtual. Desta forma, reduz as insuficiências do fluxo de trabalho atual por meio do uso da representação digital desde o início. Trabalhando em escala 1:1, as curvas criadas digitalmente podem ser processadas imediatamente no sistema CAD. A Figura 6 mostra a aplicação desta técnica durante a fase de design de um modelo de argila. A vantagem desse sistema é que o usuário recebe um retorno tátil adicional na medida em que ele pode usar sua caneta virtual diretamente sobre o modelo de argila. As curvas podem ser geradas exatamente na posição que são necessárias e posteriormente incorporadas no modelo CAD.

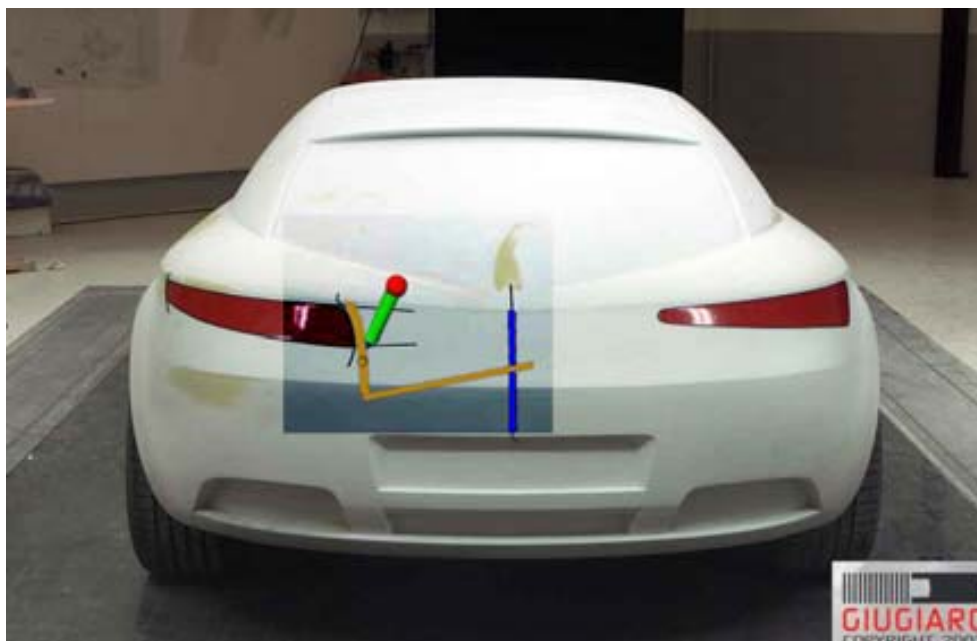


Figura 6 – *Augmented 3D tape drawing* no processo de design [9].

Spacedesign [10] investiga a utilização da Realidade Mista no design industrial. Os designers podem materializar idéias num espaço de trabalho semi-imersivo tipo *workbench*, utilizando dispositivos de entrada 3D e, em seguida, usar esse mesmo entorno, ferramentas e configurações para a revisão do design. Na fase de revisão, um protótipo físico pode ser “aumentado” em tempo real, para correções e mudanças. Ambas as configurações (RV e RA) possibilitam a diferentes especialistas (estilistas, designers, engenheiros, dep. de marketing) compartilhar o mesmo modelo, ao mesmo tempo em que usam ferramentas personalizadas.

O modelo virtual de um carro conversível foi “aumentado” com um teto virtual para permitir a avaliação da sua aparência (Figura 7). Os designers tiveram a possibilidade de provar em pouco tempo diferentes opções e discuti-las até chegar a uma solução final. O modelo ideal do teto foi exportado num arquivo CAD pronto para avaliação das áreas de engenharia e manufatura. Testes e colaborações com designers, principalmente da indústria automotiva, estão fornecendo um importante *feedback* para esta investigação em curso.



Figura 7 - Design do teto de um carro usando RA [10].

2.2 Arquitetura

Com um dispositivo especial de visualização, um arquiteto poderia ser capaz de olhar através de uma janela e ver como um novo arranha-céu mudaria a paisagem. Dentro do edifício, se um banco de dados com as informações estivesse disponível, a RA poderia dar aos arquitetos uma “visão raio-X” através das paredes do edifício, mostrando a posição das tubulações, linhas elétricas e apoios estruturais [11].

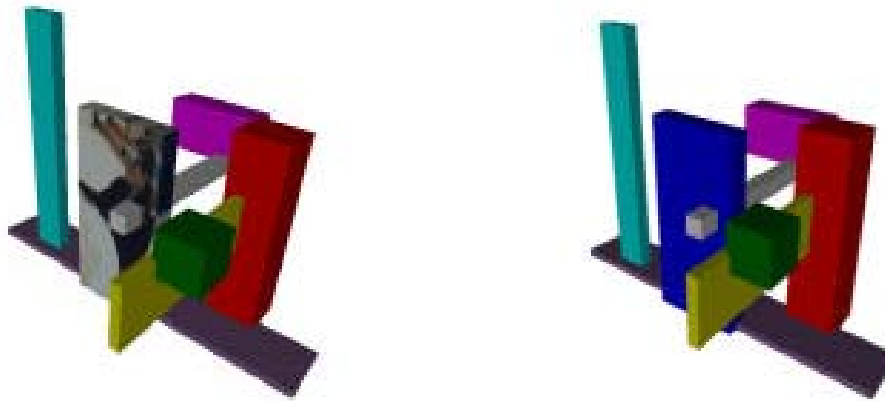
Dias et al. [12] afirma que a adoção de ferramentas de RA nos processos de concepção e experimentação de formas e espaços arquitetônicos ainda não é uma metodologia comumente utilizada, mas isso deve mudar rapidamente. MIXDesign [12], por exemplo, propõe um sistema tangível de Realidade Mista (Figura 8) orientado para tarefas de design arquitetônico, apresentação para clientes ou até mesmo o ensino.



Ambiente Real



Realidade Aumentada



Virtualidade Aumentada

Ambiente Virtual

Figura 8 – Exemplo da aplicação MixDesign ilustrando o paradigma da Realidade Mista [12].

O sistema de design colaborativo desenvolvido por Ahlers et al. [5] é uma demonstração de um sistema de RA para o design de interiores. O cenário para esta aplicação é o de um cliente discutindo com o designer de interiores sobre o *layout* de uma sala. Eles podem interagir com o banco de dados de diversos fabricantes de móveis através da rede, e modelos 3D dos móveis selecionados aparecem no monitor juntamente com a vista da sala (capturada por uma câmera), como se os móveis estivessem de verdade na sala. Deslocando a câmera é possível ver a sala mobiliada a partir de diferentes pontos de vista. Os móveis podem ser adicionados, removidos e reorganizados até que os usuários fiquem satisfeitos com o resultado (Figura 9).

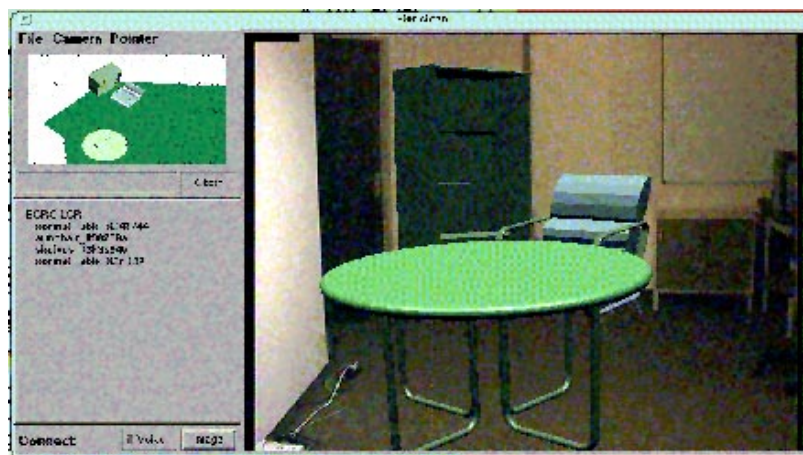


Figura 9 – Design colaborativo de interiores [5].

Os usuários podem consultar colegas que estão executando o mesmo sistema a distância. Os usuários que estão em locais remotos podem manipular os mesmos móveis usando uma imagem estática da sala. As mudanças efetuadas por um usuário são vistas instantaneamente por todos os outros, e um mecanismo de controle garante que uma peça de mobiliário seja movida apenas por um usuário de cada vez. Desta forma, grupos de usuários em diferentes lugares podem trabalhar em conjunto no *layout* da sala [5].

O projeto Tinmith [13], por outro lado, explora o problema de interagir com um sistema móvel de RA ao ar livre e os tipos de aplicações possíveis. Os usuários usam luvas para

manipular os objetos 3D. O menu mostra comandos que podem ser selecionados pressionando o dedo adequado contra o polegar. Marcadores sobre os polegares são rastreados pela câmara para fornecer ao sistema informação sobre o posicionamento das mãos do usuário.

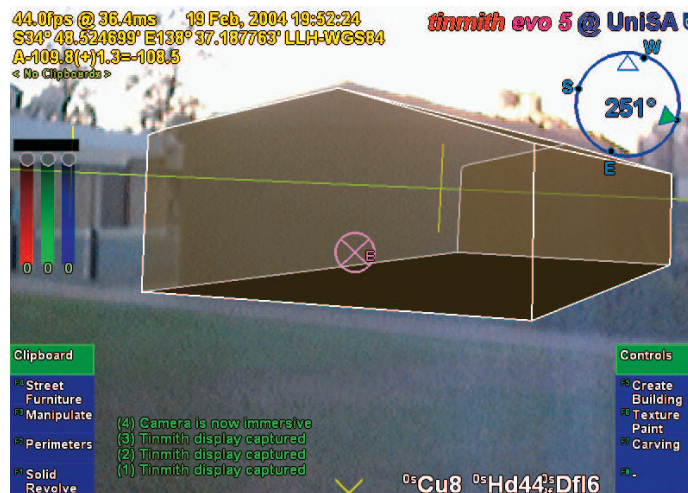


Figura 10 – Projeto Tinmith [13].

Klinker et al. [14] também desenvolveu um sistema de RA para aplicações na construção. Eles podem “aumentar” um vídeo do local da obra para avaliar a estética e mostrar ao cliente os detalhes da estrutura na sua configuração final.



Figura 11 – Ponte virtual sobre um rio real [14].

2.3 Educação

A RA pode também oferecer novas possibilidades como instrumento de ensino para o design urbano [15]. Alunos e professores podem explorar uma variedade de estruturas reais e virtuais, a fim de compreender dinamicamente e espacialmente suas complexas relações. As limitações tanto do domínio real como do virtual podem ser reduzidas e as vantagens de ambos domínios combinadas num ambiente. Um estúdio de design urbano que emprega a RA como ferramenta, permite que os novatos e especialistas se comuniquem e colaborem instantaneamente.



Figura 12 – Estudantes trabalhando com o sistema de RA [15].

2.4 Indústria Automotiva

Nölle e Klinker [16] afirmam que a RA pode ser utilizada na indústria automotiva para comparar as peças reais de um carro com os seus dados de projeto. É preciso verificar se as peças reais correspondem à última versão do projeto e se foram fabricadas com a precisão adequada. Com a RA, os dados do projeto CAD podem ser sobrepostos sobre as peças reais numa tentativa de se obter o máximo de precisão. Ambas as peças, real e virtual, devem ser visíveis ao mesmo tempo e no mesmo local.

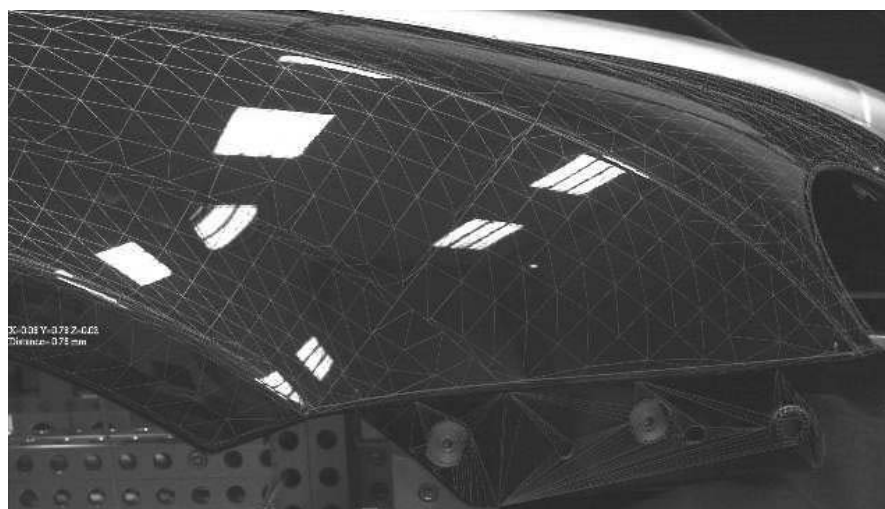


Figura 13 – Peça de um carro com seu modelo CAD sobreposto [16].

Nas fases iniciais do projeto de um carro, partes da carroceria podem ser virtualmente montadas sobre a plataforma correspondente usando RA [17]. O protótipo do carro é posicionado sobre uma base que possui algumas referências que são usadas pelo sistema de realidade aumentada para calcular onde posicionar corretamente os componentes virtuais. Vários componentes, como uma nova frente, espelhos retrovisores, rodas, etc., podem ser

sobrepostos sobre o protótipo. O uso da RA nesse campo de aplicação reduz de forma significativa o número de protótipos físicos para uma plataforma porque variantes do carro podem ser “aumentadas” sobre a plataforma real. Mudanças rápidas de componentes podem ser feitas usando apenas o sistema CAD 3D.

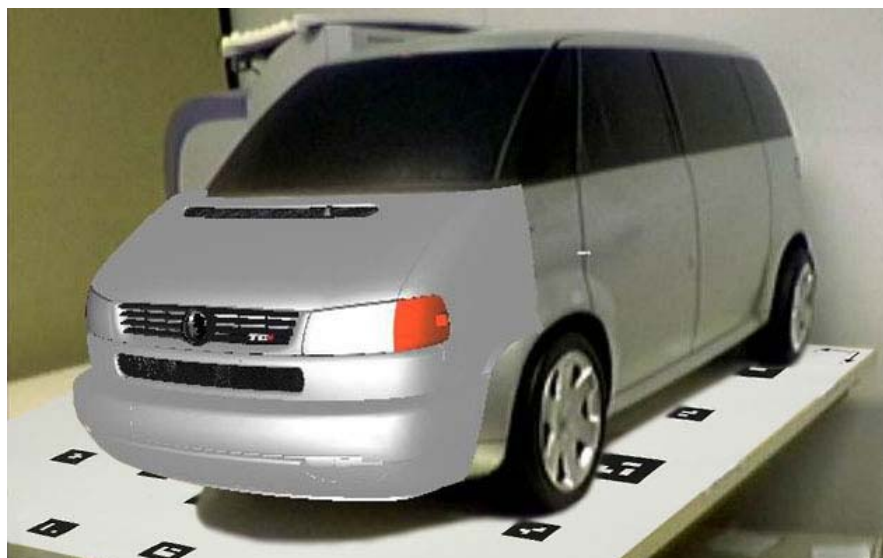


Figura 14 – Frente virtual de uma van sobreposta sobre um modelo real [18].

Com base em Fründ et al. [18], na indústria automotiva são usados uma variedade de métodos para a análise ergonômica do interior dos veículos. Por exemplo, são feitas simulações de ergonomia e análise de acessibilidade dos comandos do painel, dos pedais, do volante, dos assentos, etc. Este processo leva muito tempo e tem muitos custos porque os testes ergonômicos são feitos geralmente em protótipos, que são um modelo do interior do carro cuja forma normalmente não tem nada em comum com o interior real do carro. Com o uso da RA, o novo interior pode ser sobreposto em um carro convencional para permitir a análise dos aspectos ergonômicos (Fig. 15). Assim é possível analisar uma grande variedade de interiores dentro de um carro real, o que permite economizar tempo e dinheiro.



Figura 15 – Representação de um painel virtual dentro de um carro real [18].

É possível até mesmo fazer *test drives* para obter uma impressão mais próxima da realidade do design interior do carro e de sua ergonomia (Fig. 16). Os *test drives* são realizados em modelos reais 1:1 do interior do automóvel, conhecidos como “*seat box*”.

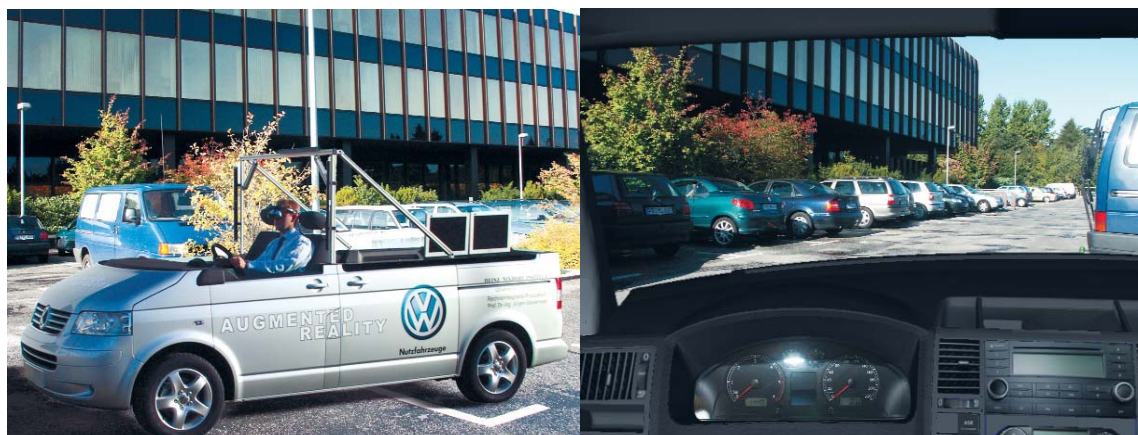


Figura 16 – Carro conceito com um sistema móvel de RA para permitir um *test drive* real. O usuário pode adicionar componentes virtuais sobre o carro real e fazer avaliações ergonômicas do interior do carro usando a RA numa situação de condução real.

A aplicação proposta por Fründ et al. também permite ao usuário selecionar componentes virtuais de um menu e adicioná-los à maquete virtual de um carro (Fig. 17).

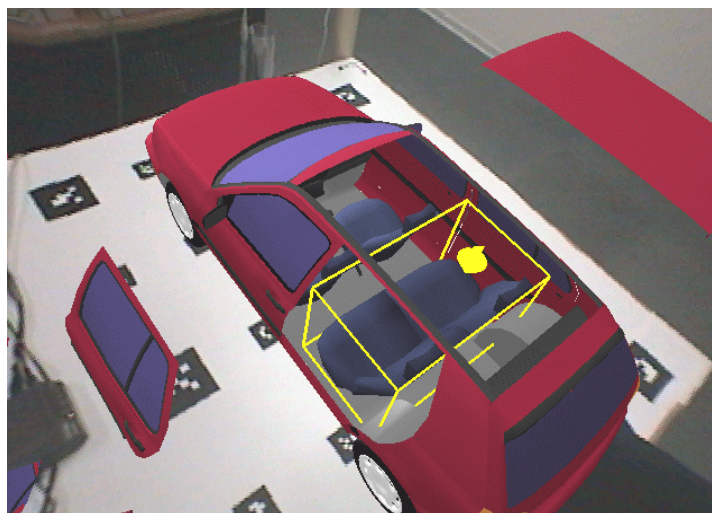


Figura 17 – Colocação de um banco na maquete virtual de um carro [18][19].

2.5 Design Colaborativo

Como afirma Regenbrecht et al. [20], o processo de design e desenvolvimento de um produto complexo envolve muitos passos iterativos de engenharia. Trata-se de uma tarefa colaborativa por natureza, uma vez que o processo de tomada de decisões é demasiado complexo para uma única pessoa realizar. Reuniões frequentes com especialistas é o método mais comum de tomar as decisões do design. Estas reuniões incorporam dados digitais (por exemplo, modelos CAD), bem como maquetes físicas e modelos de prototipagem rápida. A construção de modelos físicos consome tempo e dinheiro.

A RA oferece a oportunidade de integrar dados 3D no ambiente de uma reunião sem a necessidade de construir um modelo real do objeto. O resultado, porém, é praticamente o mesmo de ter um modelo físico do objeto em cima da mesa. Usando um *Head-Mounted Display* [1][2] (óculos de Realidade Virtual) os usuários podem interagir (mover e girar) um objeto posicionado em cima de uma placa giratória (Fig. 18).

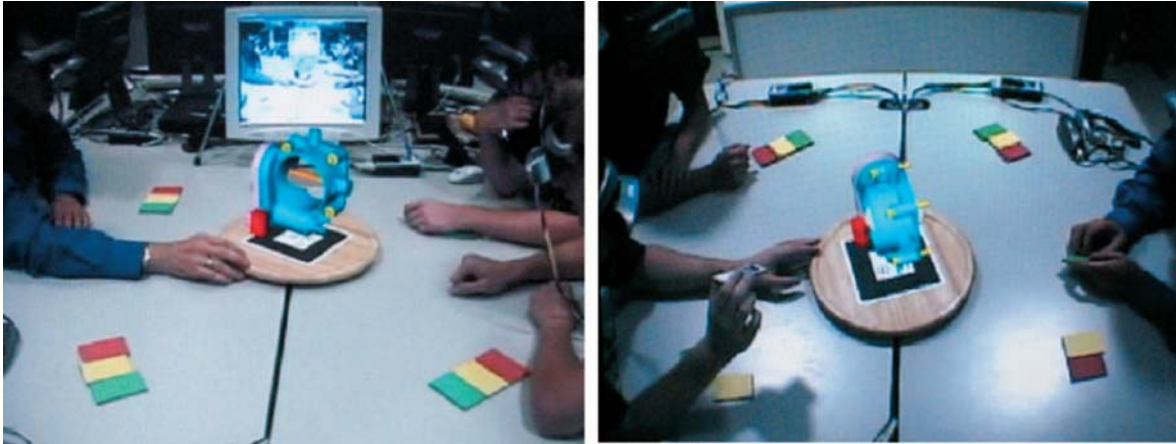


Figura 18 – Reunião ao redor de uma peça virtual [20].

3. TECNOLOGIA

Um sistema de RA precisa combinar tecnologias de rastreamento e visualização para poder mostrar corretamente os objetos virtuais no campo de visão do usuário. Esta seção apresenta as tecnologias mais comuns no desenvolvimento de sistemas de RA.

3.1 Visualização

A instalação mais simples para um sistema de RA é a combinação de um monitor com uma câmera de vídeo, conforme ilustra a Figura 19. A câmera de vídeo pode ser fixa ou móvel. A visualização em estéreo é opcional e pode ser obtida com a utilização de mais de uma câmera, e neste caso o usuário precisaria utilizar óculos especiais.

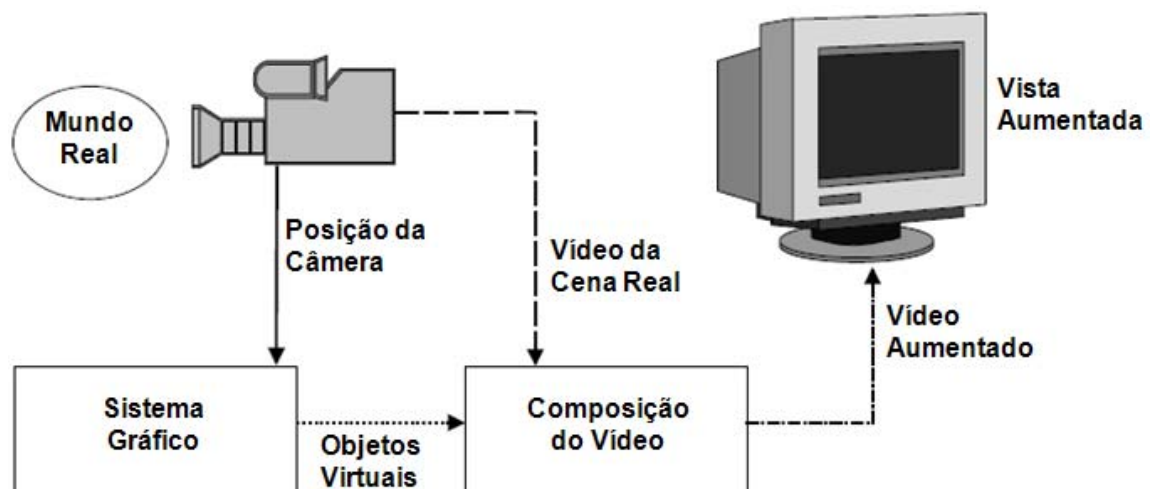


Figura 19 – Realidade Aumentada com visualização através de um monitor [21].

Os HMDs (*Head-Mounted Displays*) têm sido os dispositivos de visualização tradicionais para as aplicações de RA. No entanto, eles ainda possuem várias desvantagens

tecnológicas e ergonômicas que os impedem de serem usados de forma eficaz e em todas as áreas de aplicações [22].

Atualmente duas tecnologias de visualização são utilizadas na RA, a *video see-through* e a *optical see-through*, ver Figura 20. Enquanto a *video see-through* combina o vídeo do mundo real com imagens geradas por computador e mostra o resultado na tela (o usuário vê tanto o mundo real como os objetos virtuais através do vídeo), a *optical see-through* mostra somente os objetos virtuais no campo de visão do usuário enquanto este observa o mundo real naturalmente. Como explica Azuma [1], ambas as tecnologias têm uma série de vantagens e desvantagens, o que influencia o tipo de aplicações que podem resolver.

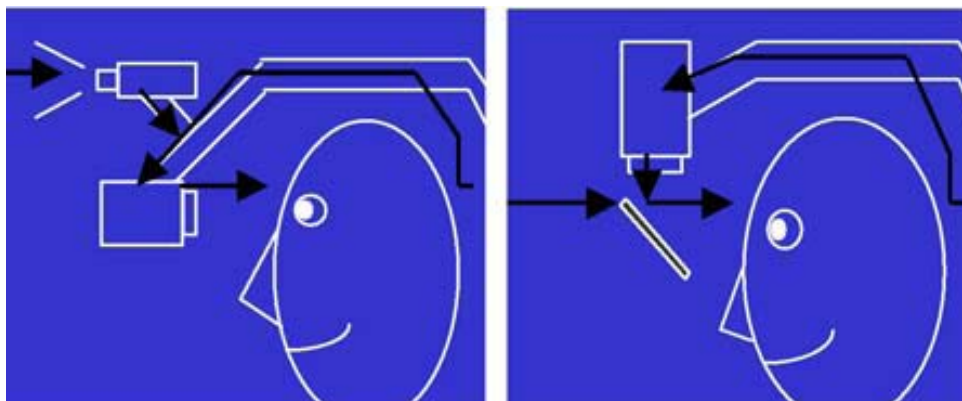


Figura 20 – Tecnologias *video see-through* (esquerda) e *optical see-through* (direita) [1].

Também é possível utilizar dispositivos portáteis como Tablet PCs, PDAs, ou telefones celulares como interface de visualização para aplicações móveis de RA, já que eles combinam em um só dispositivo, memória, processador, câmera, tela e rede sem fio [23][24][25]. A tecnologia *video see-through* é a preferida para esse tipo de aplicação. As câmeras de vídeo integradas capturam o vídeo do mundo real que é combinado com os objetos virtuais e mostrado na tela do dispositivo, ver Figura 21.



Figura 21 – Pocket PC e celular usados como interface de um sistema de RA [24][25].

Dispositivos de consumo, como PDAs e telefones celulares têm o potencial de levar a RA para um mercado de massa. A capacidade de memória desses dispositivos cresce vertiginosamente e seus processadores estão cada vez mais rápidos. Fabricantes de GPUs (*Graphics Processing Unity*) como ATI e nVidia, já oferecem chips de aceleração gráfica 3D para dispositivos móveis. Telas auto estereoscópicas também já estão disponíveis para a visualização de gráficos 3D nesses dispositivos [26].

Novas abordagens levam a RA além dos HMDs e PDAs. Um conceito interessante foi descrito por Raskar et al. [27], e propõe a aplicação de um projetor de mão acoplado a uma câmera para projetar gráficos virtuais interativos sobre superfícies reais, ver Figura 22. Este conceito pode permitir aplicações interessantes da RA nas áreas de arquitetura e manutenção.

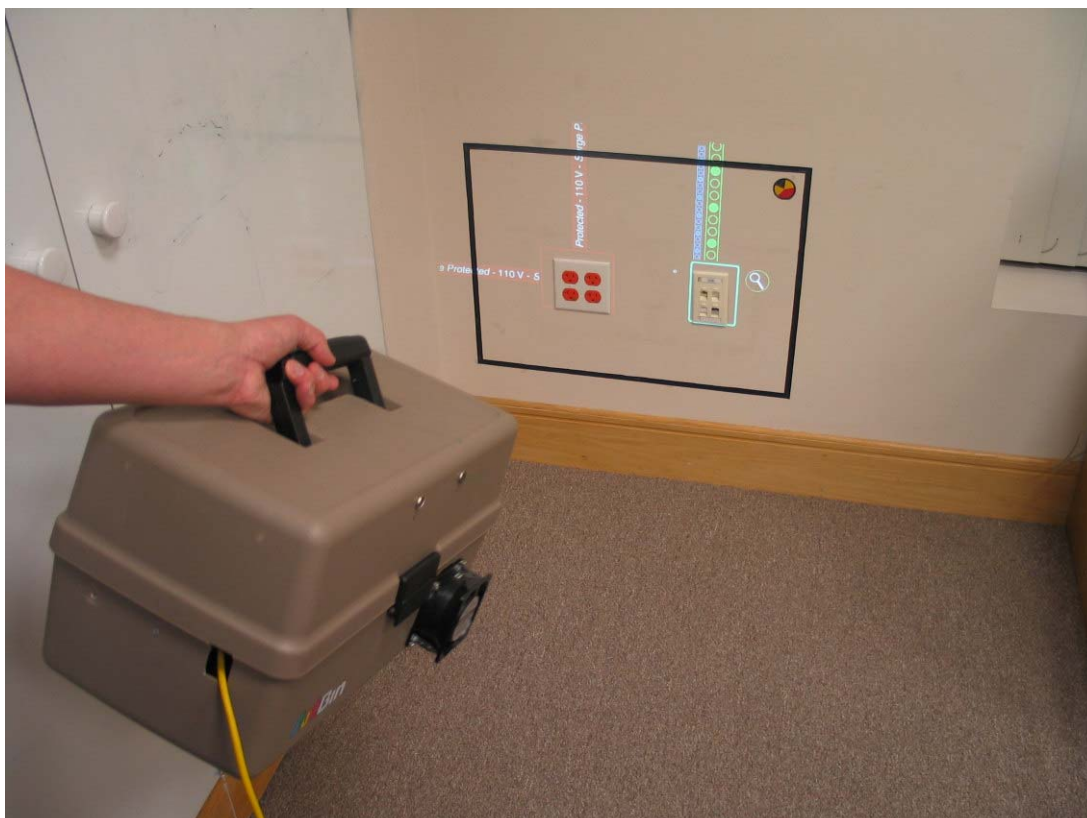


Figura 22 – “Lanterna aumentada”: gráficos virtuais interativos projetados em uma superfície [27].

Novos paradigmas de visualização exploram grandes elementos ópticos espacialmente alinhados, como espelhos semi-reflexivos, telas transparentes ou hologramas, bem como projetores de vídeo. Bimber e Raskar [28] chamam essa variação tecnológica de "Realidade Aumentada Espacial" [29].

Em algumas situações, a Realidade Aumentada Espacial é capaz de superar as limitações tecnológicas e ergonômicas dos sistemas convencionais de RA. Bimber e Raskar [28] afirmam que devido à diminuição do custo e maior disponibilidade de tecnologias de projeção e *hardware* gráfico, tem havido um considerável interesse em explorar sistemas de Realidade Aumentada Espacial nas universidades, laboratórios de investigação, museus, indústria, etc.

Projetores em miniatura, como o IPM (*Integrated Photonics Module*) da Microvision, permitirão a criação de aplicações de Realidade Aumentada Espacial para dispositivos móveis (celulares, pdas, etc.). Este projetor colorido pode ser integrado dentro do celular. A projeção utiliza feixes de laser que permitem foco infinito, isto quer dizer que as imagens ficam sempre em foco independentemente da distância entre o projetor e a superfície de projeção, até mesmo em superfícies curvas e irregulares [30].

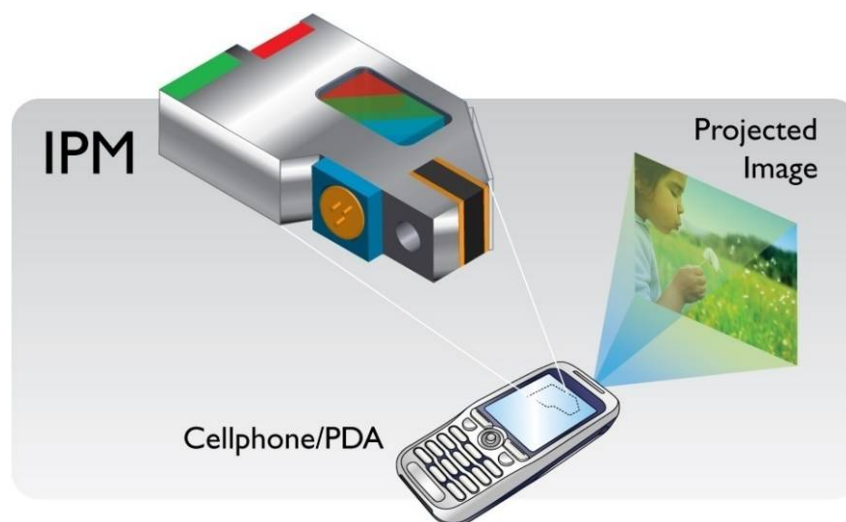


Figura 23 – Projetor miniatura da Microvision [31].

3.2 Rastreamento

As aplicações de realidade aumentada precisam combinar com precisão o ponto de vista do usuário no mundo real com os objetos virtuais. O rastreamento do posicionamento e orientação do usuário é um dos problemas clássicos enfrentados na RA, podendo ser considerado como o fator mais importante para uma correta sobreposição dos gráficos virtuais. A posição e a orientação do usuário podem ser monitoradas, por exemplo, por um sistema óptico usando câmeras, um sistema de rastreamento magnético ou um sistema de posicionamento por satélite [1].

Com base em Azuma [1], cada método de rastreamento tem seus prós e contras. Um sistema de rastreamento óptico oferece boa precisão, mas utiliza como referência marcas visuais que precisam ser instaladas no ambiente antes do uso do sistema, o que implica certo nível de controle sobre o ambiente. Os sistemas de rastreamento magnético perdem precisão com o tempo, o que os torna inapropriados para a RA. Os sistemas de posicionamento por satélite (GPS) têm capacidade de levar a RA para o ar livre, mas possuem pouca precisão. O ideal seria um sistema de rastreamento híbrido que utilize duas ou mais tecnologias, onde uma tecnologia possa cobrir a deficiência da outra.

Câmeras de boa qualidade são importantes para permitir um rastreamento óptico de maior precisão. Dispositivos de entrada e saída de alta definição, como câmeras HD (alta definição) e *projection walls*, podem ser usados para aumentar a resolução.

4. CONCLUSÃO

A RA está a caminho de se tornar uma ferramenta de produtividade para o design. O leque de campos de aplicação é vasto e as aplicações iniciais dessa tecnologia já demonstraram o seu valor. A RA pode ajudar os designers a compreender um espaço de forma mais eficaz, permitindo a eles visualizar e interagir com seus projetos de forma mais intuitiva. Uma abordagem multidisciplinar na investigação e desenvolvimento realizados em parceria com os potenciais usuários dessa tecnologia tem grande chance de ampliar o seu uso.

Existem ainda muitas questões técnicas que devem ser resolvidas antes que a RA possa ser aplicada em larga escala no design. Os requisitos de precisão das aplicações de RA são muito elevados e a sobreposição dos objetos virtuais deve ser a mais correta possível para proporcionar ao usuário dados fiáveis.

Como afirma Navab [32], apesar dos pesquisadores terem proposto soluções avançadas de RA para o design, alternativas as da RV, eles ainda não provaram a superioridade da RA nesse campo. As aplicações voltadas para o design precisam proporcionar alta qualidade de renderização em tempo real. Qualquer pequeno atraso ou desalinhamento afeta drasticamente a percepção do design. As soluções de RA oferecem vantagens, como por exemplo, quando o novo design tem de ser compreendido dentro de um ambiente existente, mas a RA ainda precisa melhorar a sua qualidade e eficiência em comparação com a RV.

Uma aplicação que seria determinante para a adoção da RA precisaria fornecer melhores soluções que as abordagens tradicionais, criando benefícios financeiros para a indústria. Essa aplicação deveria ser robusta, proporcionar um elevado grau de precisão e ter a possibilidade de ser distribuída em grande quantidade, além de simples protótipos.

As tecnologias de visualização precisam ser mais avançadas para gerar objetos virtuais mais realistas com reflexos, sombras, e maior nível de detalhes. *Ray tracing* em tempo real, métodos modernos de *shading* e técnicas de HDR (*High Dynamic Range*) poderiam ser abordagens interessantes.

A interface de usuário deve satisfazer exigências elevadas. A interação deve ser fácil e natural. Diversos dispositivos de entrada e saída devem estar disponíveis para explorar modelos virtuais e reais. Sensações geradas ao “pegar” e “mover” os objetos virtuais podem ajudar no uso da aplicação. Dessa forma, o estudo das interfaces tangíveis de RA é uma área muito promissora, particularmente para a aplicação na manipulação e avaliação do design 3D.

A RA possibilita uma nova e inovadora forma de interação homem-máquina que não só coloca o indivíduo no centro da concepção do design, mas também oferece um elevado potencial para melhorias no processo e qualidade do design e fluxo de trabalho.

Melhorias na eficiência, em particular, redução do tempo de desenvolvimento do design, têm um enorme efeito sobre o produto por si só e sobre o tempo de mercado. Existe uma clara vantagem competitiva se um produto puder ser entregue mais cedo e com maior qualidade. Em áreas selecionadas do processo de desenvolvimento, a RA pode dar uma contribuição significativa para alcançar esses objetivos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol.6, n. 4, Aug. 1997.
- [2] AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER, S., MACINTYRE, B. Recent Advances in Augmented Reality. Computers & Graphics, November 2001.
- [3] BONSOR, K. How Augmented Reality Will Work. Disponível em: <http://howstuffworks.com/augmented-reality.htm>, 2001.
- [4] MILGRAM AND KISHINO, F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Trans. Information Systems, vol. E77-D, no. 12, 1994.
- [5] AHLERS, K. H., KRAMER, A., BREEN, D. E., CHEVALIER, P., CRAMPTON, C., ROSE, E., TUCERYAN, M., WHITAKER, R. T., GREER, D. Distributed Augmented Reality For Collaborative Design Applications. Eurographics, 1995.
- [6] KLINKER, G., DUTOIT, A. H., BAUER, M., BAYER, J., NOVAK, V., MATZKE, D. Fata Morgana – A Presentation System for Product Design. Proceedings of the International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'02), 2002.
- [7] LEE, W., PARK, J. Augmented Foam: A Tangible Augmented Reality for Product Design. Proceedings of the International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR05), 2005.
- [8] SMART SKETCHES PROJECT. Disponível em: <http://smartsketches.inesc-id.pt/>, 2007.
- [9] SANTOS, P., GRAF, H., FLEISCH, T., STORK, A. 3D Interactive Augmented Reality in Early Stages of Product Design. HCI International 2003, 10th Conference on Human - Computer Interaction, Vol IV, 1203-1207, Crete (Greece), 2003.
- [10] FIORENTINO, M., DE AMICIS, R., MONNO, G., STORK, A. Spacedesign: A Mixed Reality Workspace for Aesthetic Industrial Design. Proceedings of the International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR02), 2002.
- [11] FEINER, S. K., WEBSTER, A. C., KRUEGER III, T. E., MACINTYRE, B., KELLER, E. J. Architectural Anatomy. Teleoperators and Virtual Environments 4, 3, Summer 1995.
- [12] DIAS, J., SANTOS, P., BASTOS, R., MONTEIRO, L., SILVESTRE, R., DINIZ, N. MIXDesign, Tangible Mixed Reality for Architectural Design. 1st Ibero-American Symposium in Computer Graphics, 2002.
- [13] PIEKARSKI, W. 3D Modeling with the Tinmith Mobile Outdoor Augmented Reality System. IEEE Computer Graphics and Applications, January/February 2006.
- [14] KLINKER, G., STRICKER, D., REINERS, D. Augmented Reality for Exterior Construction Applications. Augmented Reality and Wearable Computers, 2001.

- [15] SEICHTER, H. AND SCHNABEL, M. A. Digital And Tangible Sensation - An Augmented Reality Urban Design Studio. Tenth International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), New Delhi, India, ISBN 89-7141-648-3, vol. 2, pp. 193-202, 28-30 April 2005.
- [16] NÖLLE, S., KLINKER, G. Augmented Reality as a Comparison Tool in Automotive Industry. IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2006.
- [17] FRÜND, J., GAUSEMEIER, J., MATYSCZOK, C., RADKOWSKI, R. Cooperative Design Support within Automobile Advance Development Using Augmented Reality Technology. The 8th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design Proceedings, 2003.
- [18] FRÜND, J., GAUSEMEIER, J., MATYSCZOK, C., RADKOWSKI, R. Application Areas of AR-Technology within Automobile Advance Development. International Workshop on Potential Industrial Applications of Mixed and Augmented Reality, 2003.
- [19] GAUSERNEIER, J., MATYSCZOK, C., RADKOWSKI, R. AR-based Modular Construction System for Automobile Advance Development. ART 2003.
- [20] REGENBRECHT, H., BARATOFF, G., WILKE, W. Augmented Reality Projects in the Automotive and Aerospace Industries. IEEE Computer Graphics and Applications, November/December 2005.
- [21] VALLINO, J. R. Interactive Augmented Reality. University of Rochester, New York, 1998.
- [22] BIMBER, O. AND RASKAR, R. Modern Approaches to Augmented Reality. Siggraph 2005.
- [23] WAGNER, D., SCHMALSTIEG, D. First Steps Towards Handheld Augmented Reality. Proceedings of the 7th International Conference on Wearable Computers, White Plains, NY, USA, Oct. 21-23, 2003.
- [24] PASMAN, W. AND WOODWARD, C. Implementation of an Augmented Reality System on a PDA. Proc. ISMAR 2003, Tokyo, Japan, 4-7 Nov 2003.
- [25] HANDHELD AUGMENTED REALITY, Disponível em: http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/, 2007.
- [26] FLACK, J., HARROLD, J., WOODGATE, G. J. A Prototype 3D Mobile Phone Equipped with a Next Generation Autostereoscopic Display. Proceedings SPIE Vol.6490A-21 (Stereoscopic Displays and Applications XVIII), 2007.
- [27] RASKAR, R., VAN BAAR, J., BEARDSLY, P. WILLWACHER, T., RAO, S. AND FORLINES, C. iLamps: Geometrically Aware and Self-Configuring Projectors. In proceedings of ACM Siggraph, pp. 809-818, 2003.
- [28] BIMBER, O. AND RASKAR, R. Spatial Augmented Reality. SIGGRAPH Course Notes, 2005.
- [29] SPACIAL AUGMENTED REALITY. Disponível em:

- <http://www.uni-weimar.de/medien/ar/SpatialAR/>, 2007.
- [30] MICROVISION. Disponível em: <http://www.microvision.com/>, 2007.
- [31] BUSINESSWIRE. Disponível em: <http://www.businesswire.com/>, 2007.
- [32] NAVAB, N. Developing Killer Apps for Industrial Augmented Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, May/June 2004.