UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE COMUNICAÇÕES E ARTES
MESTRADO EM ARTES

Rosemery Emika Saçashima

A Realidade Aumentada: desafios técnicos e algumas aplicações em jogos e nas artes visuais

Dissertação apresentada ao Programa em Pós-Graduação em artes visuais, área de concentração: poéticas visuais; linha de pesquisa: multimeios, da Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Artes Visuais, sob a orientação da Profa. Dra. Silvia Regina Ferreira de Laurentiz.

São Paulo
2011

Catalogação na publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo

Saçashima, Rosemery Emika
A realidade aumentada : desafios técnicos e algumas aplicações em jogos e nas artes visuais / Rosemery Emika Saçashima – São Paulo : R. E. Saçashima, 2011.
90 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Escola de Comunicações e Artes / Universidade de São Paulo.
Orientadora: Silvia Regina Ferreira de Laurentiz

1. Realidade aumentada 2. Arte e teconologia 3. Jogos I. Laurentiz, Silvia Regina Ferreira de II. Título

CDD 21.ed. – 709.0408

Nome do Autor: **Rosemery Emika Saçashima**

Título da Dissertação: **A Realidade Aumentada: desafios técnicos e algumas aplicações em jogos e nas Artes Visuais.**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. _____Instituição_____

Prof. Dr. _____Instituição_____

Prof. Dr. _____Instituição_____

Aos meus pais,
Rosa e Hiromi Saçashima.

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação contou com a colaboração e o apoio de várias pessoas às quais sou muito grata.

Expresso minha gratidão, pela confiança no meu projeto e pelo comprometimento, à Profa. Dra. Silvia Regina Ferreira de Laurentiz, minha orientadora da pós-graduação. Agradeço a firme orientação, a paciência e a compreensão. Graças às suas observações, pude melhorar a minha pesquisa.

Sou muito grata aos professores das disciplinas que cursei no período da minha pós-graduação no departamento de Artes Visuais, Profa. Dra. Dária Gorete Jaremtchuk e Prof. Dr. Hugo Fernando Salinas Fortes Junior, pelos conhecimentos transmitidos.

Agradeço profundamente ao Prof. Dr. Gilbertto dos Santos Prado pela leitura, críticas e contribuições. Ao Prof. Dr. Romero Tori pela disciplina-tema da minha pesquisa e pela sua generosa prontidão em esclarecer minhas dúvidas.

Aos meus colegas e amigos das salas de aula.

Meus profundos agradecimentos aos meus colegas da Caverna Digital pelo apoio e incentivo.

Aos meus amigos pela força e compreensão.

E acima de todos agradeço a Deus, meu maior orientador.

RESUMO

A investigação desta dissertação consiste em definir os conceitos de Realidade Aumentada, seus desafios técnicos e tecnológicos, mapear as várias áreas de sua aplicação e quais as suas contribuições na criação das poéticas visuais. Para essa finalidade, tornou-se necessário o entendimento do processo histórico da Realidade Virtual do qual faz parte como uma linha de pesquisa, com seus desafios e aspectos específicos. Podemos perceber, ao longo da pesquisa, que a área dos jogos eletrônicos, com seus interesses mercadológicos, estimula o desenvolvimento tecnológico do sistema de Realidade Aumentada. E que alguns recursos dos sistemas de Realidade Aumentada têm sido utilizados por artistas visuais nas suas criações poéticas, integrando o observador em suas obras e estimulando novas implicações às tecnologias.

PALAVRAS-CHAVE: realidade aumentada, arte e tecnologia, jogos.

ABSTRACT

The investigation of this thesis sought to define the concepts of Augmented Reality, its technological and technical challenges, to map its various fields of application and reveal its contribution to the creation of visual poetry. To achieve that, it was necessary to understand the historical process of Virtual Reality, to which it belongs as a line of research with its challenges and specific features. We could realize along the research that the area of electronic games with its increasing interest in the market fosters the technological development of the Augmented Reality system. Moreover, some resources of the Augmented Reality systems have been used by Visual artists in their poetic creations, integrating the observer to their works and encouraging new approaches towards technology.

KEYWORDS: augmented reality, art and technology, games.

LISTA DE IMAGENS

Figura 1 – Sensorama.....16

Figura 2 – Videoplace.....17

Figura 3 – Diagrama de Realidade/Virtualidade contínua.....21

Figura 4 – ARtoolKit : uso de marcadores fiduciais.....26

Figura 5 – Esquema sobre o rastreamento sem marcadores.....28

Figura 6 – Kinect - tecnologia de rastreamento.....29

Figura 7 – Quadro de análise da Interatividade por Pierre Lévy.....32

Figura 8 – MagicLens.....37

Figura 9 – Sandscape.....37

Figura 10 – VeinViewier.....42

Figura 11 – Realidade Aumentada aplicada a área militar.....42

Figura 12 – ARMAR (Realidade Aumentada para Manutenção e Reparo).....43

Figura 13 – Projeção de uma construção vista em um helicóptero.....43

Figura 14 – Realidade Aumentada nos sites de comércio eletrônico.....44

Figura 15 – Realidade Aumentada na Educação.....44

Figura 16 – Scope.....46

Figura 17 – Goblin XNA AR Racing Game.....47

Figura 18 – Quikelings.....49

Figura 19 – Multimodal Augmented Reality Tangible Game.....50

Figura 20 – ARhrrrr.....51

Figura 21 – Tower Defense e AR Roguelike.....52

Figura 22 – PIT Strategy.....52

Figura 23 – Kweekies.....53

Figura 24 – Invizimals.....54

Figura 25 – Mosquitoes.....55

Figura 26– Reality Arcade.....55

Figura 27– Firefighter 360.....56

Figura 28 – PacMan.....57

Figura 29 – Carcade.....58

Figura 30 – ARGH.....58

Figura 31 – Ghotwire.....59

Figura 32 – Art of Defense.....60

Figura 33 – The Invisible Train.....61

Figura 34 – Environmental Detectives.....62

Figura 35 – Epidemic Menace.....62

Figura 36 – Kinect Sports.....63

Figura 37 – Pinwall.....64

Figura 38 – ARHockey.....65

Figura 39 – Robot Arena.....66

Figura 40 – Hole in Space.....69

Figura 41– Telematic Dreaming.....70

Figura 42– Telematic Vision.....70

Figura 43 – A Body of Water (sala de chroma key, vestiário, sala de banho).....71

Figura 44 – Acaso 30.....72

Figura 45 – Descendo a Escada.....73

Figura 46 – Shadow Monsters.....74

Figura 47 – Biophilia.....75

Figura 48 – Text Rain.....76

Figura 49 – Les Pissenlits.....77

Figura 50 – Messa di Voce.....78

Figura 51 – Drawn.....79

Figura 52– Ballet Digitallique.....80

Figura 53– Skia.....80

Figura 54 – LevelHead.....81

Figura 55 – Move.....82

Figura 56 –Virtual Ground.....83

Figura 57– masca(RA)s 84

Figura 58 – Augmented Shadow.....85

Figura 59 – Can you see me now? 86

Figura 60 – Redes Vestíveis.....87

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 12
CAPÍTULO I - REALIDADE AUMENTADA 13
1.1 ANTECEDENTES DA REALIDADE AUMENTADA 14
1.1.1 Realidade Virtual: conceitos e um breve histórico 14
1.2 O CONCEITO DE REALIDADE AUMENTADA 20
1.3 O REGISTRO E OS TIPOS DE RASTREAMENTO 23
1.4 TIPOS DE SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA 29
1.5 SOBRE A INTERATIVIDADE 31
1.6 SOBRE A IMERSÃO 38
1.7 UTILIZAÇÃO E PESQUISA INICIAIS DA REALIDADE AUMENTADA 41
1.8 AS PRODUÇÕES DE JOGOS EM REALIDADE AUMENTADA 45
1.8.1 Jogos encontrados em Realidade Aumentada nos sistemas de visão direta por vídeo (vídeo see-through) 45
1.8.2 Jogos encontrados em Realidade Aumentada nos sistemas de visão por vídeo baseado em monitor 48
1.8.3 Jogos encontrados em Realidade Aumentada nos sistemas de visão ótica por projeção (RA Espacial – RAE) 63
CAPÍTULO II - A REALIDADE AUMENTADA NA ARTE 67
2.1 PRECURSORES DA REALIDADE AUMENTADA 68
2.2 PROJETOS DE ARTE EM REALIDADE AUMENTADA 73
CONSIDERAÇÕES FINAIS 88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 90

1 INTRODUÇÃO

A Realidade Aumentada: desafios técnicos e algumas aplicações em jogos e nas Artes Visuais é um trabalho sobre o conceito de Realidade Aumentada, o contexto de seu desenvolvimento, suas áreas de aplicação, seus desafios técnicos e como seus recursos contribuem na criação de poéticas visuais.

Atualmente o termo Realidade Aumentada tornou-se muito difundido e este fato pode trazer distorções quanto a sua definição e seus limites de atuação. Esse esclarecimento motiva a buscar sua definição conceitual e os requisitos para a compreensão exata do termo.

Ao definir o conceito de Realidade Aumentada, o aspecto mais importante que precisamos destacar é a variedade de desafios técnicos implicados na sua realização.

Esses desafios, aliados aos interesses de mercado, a exemplo do mercado de jogos eletrônicos, estimulam o desenvolvimento tecnológico de novos recursos e dispositivos.

Novos recursos interferem na relação homem-máquina, seja nas formas de interação ou na ampliação da percepção.

Alguns dos recursos dos sistemas de Realidade Aumentada têm sido utilizados por artistas visuais nas suas criações poéticas, integrando o observador às obras e estimulando novas implicações às tecnologias.

CAPÍTULO I

REALIDADE AUMENTADA

1.1- ANTECEDENTES DA REALIDADE AUMENTADA

Conforme Romero Tori e Claúdio Kirner (2006), a tecnologia da Realidade Aumentada tornou-se viável através dos avanços técnicos da multimídia e da Realidade Virtual nos quais computadores mais potentes permitem a integração em tempo real do vídeo e ambientes virtuais de maneira interativa.

A multimídia[1] constitui, ainda, uma tecnologia que impulsiona o desenvolvimento de aplicações computacionais. Está, porém, limitada à visualização bidimensional, que prima pela qualidade da imagem e dessa forma exige maior capacidade de processamento computacional.

A Realidade Virtual pode usar diferentes mídias, porém seu foco está na interação do expectador com o ambiente tridimensional, a sua visualização em tempo real e a imersão nesse ambiente.

A Realidade Aumentada surge nesse contexto do desenvolvimento da Realidade Virtual e suas exigências computacionais. Portanto, teremos a seguir um capítulo dedicado a um breve histórico do desenvolvimento conceitual e técnico da Realidade Virtual.

1.1.1- REALIDADE VIRTUAL: CONCEITOS E UM BREVE HISTÓRICO

Formas de representação da realidade ou da imaginação humanas sempre estiveram presentes em diferentes meios de expressão como a pintura, o teatro, a ópera, o cinema e muitos outros. Com o desenvolvimento dos recursos

[1] "Combinação de textos, gráficos, sons, animações e vídeos mediados através do computador ou outro meio eletrônico" (VAUGHAN, 1994)

computacionais, o ambiente criado por processos digitais surge como uma potente forma de representação.

De acordo com a definição de Romero Tori:

> A Realidade Virtual (RV) é, antes de tudo, uma 'interface avançada do usuário' para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características a visualização de, e movimentação em, ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos desse ambiente. Além da visualização em si a experiência do usuário de RV pode ser enriquecida pela estimulação dos demais sentidos como tato e audição. (TORI, 2006, p.6).

Nesse conceito de Realidade Virtual (RV) temos os seguintes requisitos: a criação de ambientes artificiais tridimensionais por meios computacionais, a interação com esse ambiente e a sua visualização em tempo real. Deste modo, Tori (2006, p.9) afirma que "os filmes (desenhos animados ou efeitos especiais) gerados por computador, em si não são considerados realidade virtual, por serem uma gravação que não permite nem a navegação nem a interação do usuário em tempo real."

A tecnologia da Realidade Virtual está focada na criação de ambientes tridimensionais por processos computacionais e que permitam a interação do observador nesse ambiente e sua atualização em tempo real. A imersão nesses ambientes é ambicionada, tanto pela ampliação dos sentidos das pessoas (como viajar em ambientes criados artificialmente) como pela disponibilidade de interfaces mais intuitivas, como o uso de movimentos corporais para navegar ou acionar comandos nesses ambientes.

Temos, porém, grandes desafios por trás desse ideal no desenvolvimento tecnológico que vão desde a criação de processadores mais potentes, recurso que possibilitaria a geração de imagens com maior qualidade em tempo real, bem como a expansão dos processos computacionais que aumentariam

a qualidade da imersão ao libertar o espectador do uso e manuseio de dispositivos para acionar uma ação nesse ambiente tridimensional.

No processo histórico do desenvolvimento da Realidade Virtual, segundo Romero Tori (2006), Morton Heilig[2] é o pioneiro na proposição e criação de sistemas imersivos ao produzir e patentear uma máquina denominada Sensorama, que segundo André Parente:

> É um sistema de realidade virtual desenvolvido com imagens de cinema. Foi inventado em 1950 pelo cineasta Morton Heilig com a utilização de loops de filmes, visão estereoscópica, som estereofônico, cheiros, e outros efeitos criados com o intuito de produzir a ilusão de um passeio de moto através do bairro do Brooklyn. (PARENTE, 1999, p. 45).

Figura 1 – Sensorama
Fonte: http://www.mortonheilig.com

[2] http://www.mortonheilig.com/

Outros autores creditam o pioneirismo no desenvolvimento da Realidade Virtual a Myron Krueger[3], que deu início, em 1969, ao desenvolvimento de protótipos de “ambientes sensíveis” que respondem aos movimentos e gestos do espectador numa combinação de computadores e sistemas de vídeo. O público poderia interagir com a projeção em vídeo de outras pessoas num ambiente compartilhado. Temos na sua obra denominada *Videoplace*[4] um ambiente que responde aos movimentos do observador e que permite sua interação com os elementos virtuais pela primeira vez sem o uso de luvas ou óculos. Krueger cunhou em 1973 o termo “Realidade Artificial” para descrever a expressão máxima desse conceito. (KRUEGER, 2004)

Figura 2 - Videoplace

Fonte: http://thedigitalage.pbworks.com/w/page/22039083/Myron-Krueger

Tanto Morton Heilig como Myron Krueger trazem, cada qual no seu pioneirismo, características pertinentes relativas ao desenvolvimento da Realidade Virtual: Heilig traz propostas de imersão e Krueger, de interação.

[3] http://www.siggraph.org/artdesign/gallery/S98/pione/pione3/krueger.html

[4] http://jtnimoy.net/itp/newmediahistory/videoplace/

No entanto, o termo ”Realidade Virtual” foi creditado nos anos 80 ao músico e cientista da computação norte-americano Jaron Lanier, que propôs unir no mesmo termo dois conceitos que na área de exatas são antagônicos e que captariam a essência dessa tecnologia: a fusão do real com o virtual[5].

De acordo com Linda Jacobson:

> Os sistemas de RV diferem entre si levando em conta o nível de imersão e de interatividade proporcionado ao participante. Ambos são determinados de acordo com os tipos de dispositivos de entrada e saída de dados usados no sistema de RV além da velocidade e potência do computador que suporta o sistema de RV. (JACOBSON, 1994).

Kevin Teixeira e Ken Pimentel (1995) propuseram a seguinte classificação dos sistemas de RV:

- RV de simulação;
- RV de projeção;
- RV de mesa;
- Telepresença;
- Displays Visualmente Casados (*Visually Coupled Display*);
- e Realidade Aumentada (*Augmented Reality*).

Um sistema de RV de Simulação, de acordo com Jacobson (1994), basicamente imita o interior de um carro, avião ou jato, colocando o participante dentro de uma cabine com controles. Dentro dessa cabine, telas de vídeo e monitores apresentam um mundo virtual que reage aos comandos do usuário.

---

[5] Na área das ciências humanas, o conceito de “virtual” está ligado a força, potência. Indica algo que existe em potência e não em ato. Segundo Pierre Lévy, “o virtual tende a atualizar-se, sem ter passado no entanto à concretização efetiva ou formal. [...] o virtual não se opõe ao real mas ao atual: virtualidade e atualidade são apenas duas maneiras de ser diferentes.” (LEVY,2009)

No entanto, na área das ciências exatas, o uso corrente do conceito “virtual” refere-se à ausência de existência tangível e à geração artificial. E este conceito será adotado para a explanação relacionada a virtualidade e realidade.

No sistema de RV de Projeção o usuário está fora do mundo virtual, mas pode se comunicar com personagens ou objetos dentro dele (Jacobson, 1994). E Jacobson cita a obra *Videoplace* de Myron Krueger como exemplo desse tipo de sistema.

Segundo Liliane Machado (1995) um sistema de RV de Mesa faz uso de grandes monitores ou algum sistema de projeção para apresentação do mundo virtual. A CAVE[6] (*Cave Automatic Virtual Environment*) é considerado o sistema de monitor mais imersivel para ambientes de RV.

Machado prossegue com a descrição do sistema da Telepresença:

> [...] é um tipo de RV que utiliza câmeras de video e microfones remotos para envolver e projetar o usuário profundamente no mundo virtual. Controle de robos e exploração planetária são exemplos de pesquisas em desenvolvimento. No entanto, existe um grande campo de pesquisa no uso de telepresença em aplicações médicas (MACHADO, 1995, p.8).

O sistema de RV Displays Visualmente Casados, segundo Kevin Teixeira e Ken Pimentel:

> [...] é a classe de sistemas geralmente mais associada à RV. Nos sistemas desta classe as imagens são exibidas diretamente ao usuário, sendo que este está olhando em um dispositivo que deve acompanhar os movimentos de sua cabeça. Este dispositivo geralmente permite imagens e sons estéreos, além de conter sensores especiais ligados a ele que detectam a movimentação da cabeça do usuário, usando esta informação para realimentação da imagem exibida (PIMENTEL, 1995).

[6] CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) é uma pequena sala com projeções de gráficos 3D nas suas paredes com os quais os usuários podem interagir através de dispositivos.

Os dispositivos do sistema de RV Displays Visualmente Casados podem ser representados por HMD's[7], BOOM[8] e outros.

Temos em Pimentel uma apresentação do sistema de RV denominado Realidade Aumentada :

> A Augmented Reality utiliza dispositivos visuais transparentes presos à cabeça nos quais os dados são projetados. Pelo fato desses displays serem transparentes, o usuário pode ver dados, diagramas, animações e gráficos 3D sem deixar de enxergar o mundo real, tendo informações sobrepostas ao mundo real. Estes displays transparentes são chamados heads-up-displays (HUDs) pois permitirem essa visão através das informações geradas pelo computador. O usuário pode, por exemplo, estar consertando algo e visualizando nos óculos os dados necessários a esta operação (PIMENTEL, 1995).

De acordo com a classificação de Pimentel a Realidade Aumentada é um dos sistemas de RV. Porém, como veremos adiante, a Realidade Aumentada tornou-se conceitualmente um tipo de realidade onde há o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais e que utiliza uma diversidade de dispositivos para visualização além dos HUDs.

1.2- O CONCEITO DE REALIDADE AUMENTADA

O termo Realidade Aumentada foi cunhado no inicio dos anos 90 por Tom Caudell, um pesquisador do fabricante de aviões Boeing. Ele aplicou o termo

[7] HMD (head-mounted display): dispositivo de vídeo, usado na cabeça como capacete, que tem um pequeno visor na frente de cada olho (Binocular HMD) ou apenas um (Monocular HMD).

[8] BOOM (Binocular Omni-Oriented Monitor): display montado sobre um braço mecânico.

ao HMD (Head-Mounted Display) que guiava os trabalhadores na montagem de cabos elétricos da aeronave. Ele buscava saber como as técnicas da Realidade Virtual poderiam auxiliar na melhoria da conexão dos complexos sistemas de cabos que uniam as partes da aeronave. Caudell pensou em “aumentar” a realidade com informações daquele espaço. (CAUDELL, 2001)

De acordo com os conceitos de Paul Milgram (1994) a Realidade Aumentada faz parte da Realidade Mista e se posiciona em algum ponto da realidade-virtualidade contínua que conecta um ambiente totalmente real a um ambiente totalmente virtual:

Figura 3 - Diagrama de Realidade/Virtualidade contínua

Fonte: MILGRAM, P. et al. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**. 1994, tradução nossa.

A Realidade Mista é a presença simultânea das realidades física e virtual (ambiente real e ambiente virtual).

De acordo com Romero Tori:

> [...] ao misturar cenas reais com virtuais, a realidade misturada[9] vai além da capacidade da realidade virtual concretizar o imaginário ou reproduzir o real.

[9] O termo usado por Tori “realidade misturada” é uma tradução possível de *Mixed Reality* e para a presente dissertação o termo é Realidade Mista.

> Agora, a realidade misturada incorpora elementos virtuais ao ambiente real ou leva elementos reais ao ambiente virtual, complementando os ambientes. (TORI, 2006, p.23)

De acordo com o diagrama anterior proposto por Milgram, a Realidade Aumentada é uma particularidade da Realidade Mista na qual há o predomínio do ambiente real sobre o qual inserimos os elementos virtuais, e a Virtualidade Aumentada é uma particularidade da Realidade Mista na qual há o predomínio do ambiente virtual sobre o qual inserimos os elementos reais pré-capturados ou capturados em tempo real.

Na prática, vários sistemas que trabalham com a realidade/virtualidade contínua apresentam características que dificultam a classificação exata em algum ponto da Realidade Mista (Realidade Aumentada ou Virtualidade Aumentada). Romero Tori, como vários outros autores, adota o conceito de Realidade Aumentada para o grupo que engloba tanto a Realidade Aumentada quanto a Realidade Mista e também a Virtualidade Aumentada, pois segundo suas palavras "estaremos sempre enriquecendo o real com objetos virtuais independentemente do grau desse acréscimo" [10]. Adotaremos este conceito na presente dissertação.

Segundo Ronald T. Azuma (2001) o sistema de Realidade Aumentada deve satisfazer os seguintes requisitos:

1- Combinação de objetos reais e virtuais no ambiente real.
2- Interação[11] em tempo real.
3- Registro (Alinhamento) entre objetos reais e virtuais entre si.

---

[10] Romero Tori explica seu posicionamento de adotar o conceito de Realidade Aumentada para o grupo todo dentro da realidade/virtualidade contínua em uma aula online. Disponível em: <http://romerotori.blogspot.com/2011/06/realidade-aumentada-para-uma-educacao.html>. Acesso em: 28 jul. 2011.

[11] Segundo definição do Dicionário Michaelis-Português de interação: 1 Ação recíproca de dois ou mais corpos uns nos outros. 2 Atualização da influência recíproca de organismos inter-relacionados. 3 Ação recíproca entre o usuário e um equipamento (computador, televisor etc.).

Azuma (2001) afirma que o sistema de Realidade Aumentada tem o potencial de ser aplicado a todos os sentidos além da visão como a audição, o tato e o olfato.

O sistema de Realidade Aumentada pode ser descrito como uma linha de pesquisa dentro da Realidade Virtual que trabalha com a realidade/virtualidade contínua e deve apresentar interação em tempo real e o alinhamento entre os objetos reais e virtuais entre si.

Ao decompor um típico sistema de Realidade Aumentada, torna-se perceptível o caráter multidisciplinar e integrador desta área de pesquisa que comporta conhecimentos, tecnologias e metodologias de diferentes disciplinas, como as da computação gráfica (área da computação destinada à geração de imagens, em geral desde a representação de dados e informação até a recriação do mundo real) e da visão computacional, que é a área que possibilita desenvolver as técnicas de rastreamento baseado em vídeo, como veremos a seguir.

1.3- O REGISTRO E OS TIPOS DE RASTREAMENTO

A maioria das pesquisas em Realidade Aumentada está ligada ao processamento das imagens do ambiente real capturadas pelo vídeo digital para a inserção de objetos virtuais em tempo real mantendo a sensação de continuidade entre objetos virtuais e o ambiente real. A Realidade Aumentada pode ser conferida na imagem processada e visualizada em suportes como monitores, HMDs, projetores e outros dispositivos de visualização. Com a finalidade de manter a sensação de continuidade, há uma variedade de pesquisas no que diz respeito às técnicas de rastreamento (*tracking*) da câmera. Rastrear é manter a correta inserção dos objetos virtuais na cena real, calculando sua posição e orientação espacial em relação ao olho do observador. Através das técnicas de rastreamento podemos

manter o registro do objeto virtual na imagem da cena real capturada, respeitando sua movimentação, projeção, perspectiva, iluminação e oclusões.

No processo de rastreamento, o sistema de Realidade Aumentada envolve métodos vindos da área da visão computacional, que é a ciência que atribui a capacidade de enxergar às maquinas ao criar sistemas de visão artificial implementados por hardware e software. Recentemente há um crescente interesse em introduzir a visão computacional como meio de interação humano-computador. (CONTI, 2010, p.25)

Segundo Fabrício Silva:

> São funções típicas encontradas em sistemas de visão computacional:
>
> - Aquisição de imagem: a geração de uma imagem digital resultante da captura de uma imagem através de um ou mais sensores;
> - Pré-processamento: procedimento normalmente aplicado a imagens antes de estas serem utilizadas em um método de visão computacional, de modo a reduzir ou assegurar a detecção de informações relevantes;
> - Extração das características: características matemáticas da imagem, tais como detecções de bordas, textura ou movimento;
> - Detecção e segmentação: definição quanto à relevância de determinadas regiões, para processamento posterior; e
> - Processamento de alto nível: procedimento sobre a parte selecionada da imagem, para classificação em categorias dos objetos detectados, entre outros. (SILVA, 2009, p.19)

Segundo Franciso Simões e Veronica Teichrieb (2010), temos as seguintes técnicas de rastreamento que percebem características do ambiente real:

1- Baseada em Sensor
2- Baseada em vídeo
3- Híbrida

No processo de rastreamento baseado em sensor, temos os seguintes dispositivos:

- GPS: o sistema de posicionamento global (as iniciais do original em inglês *Global Positioning System*) é um sistema de navegação por satélite o qual fornece ao aparelho receptor móvel seu posicionamento global e apresenta vantagens em ambientes externos;

- Sensor inercial: é um sensor que mede a aceleração e a velocidade angular e é utilizado nas aplicações de captura e análise de movimento;

- Sensor magnético: é um sensor composto por um contato produzido com material magnético (ferro, níquel e outros) e acionado na presença de um campo magnético como por um imã;

- Sensor mecânico: é um sensor de movimento, posicionamento e presença que usa recursos mecânicos como, por exemplo, chaves;

- Sensor ultra-sônico: é um sensor que faz uso de ultra-sons (ondas sonoras de alta freqüência) e podem detectar a passagem de objetos e a presença de pessoas.

No processo de rastreamento baseado em vídeo a imagem do ambiente real capturada pela câmera é analisada e há a detecção do objeto de interesse, que é rastreado quadro a quadro. Este objeto de interesse pode ser de dois tipos:

1- Marcadores fiduciais;

2- Informações presentes naturalmente na cena.

Marcadores fiduciais são imagens impressas normalmente em superfície plana cujo desenho costuma estar contornado por uma borda retangular. O software reconhece e processa esses padrões reconhecidos de imagem desses marcadores calculando e mantendo a coerência de seu posicionamento em relação ao visor da câmera. Desse modo, a imagem final com a inclusão de um objeto virtual irá manter o registro. O processamento é mais simples e menos custoso computacionalmente, porém apresenta o inconveniente de ser intrusivo e não natural, uma vez que os marcadores devem estar sempre presentes na cena.

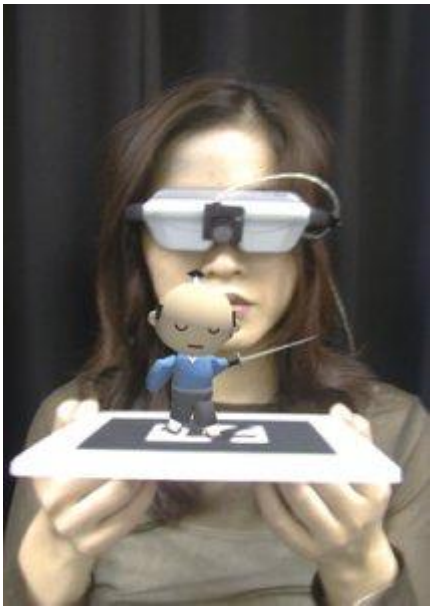

Figura 4- ARtoolKit : uso de marcadores fiduciais

Fonte: http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/

O processo de rastreamento sem o uso de marcadores fiduciais permite o registro de objetos virtuais colhendo e processando informações presentes naturalmente na cena real e pode ser de dois tipos:

1- Baseado em modelo;

2- Sem modelo.

No processo de rastreamento sem o uso de marcadores e baseado em modelo, o conhecimento do mundo real deve ser obtido previamente, este conhecimento é guardado em um modelo 3D e usado posteriormente para estimar o posicionamento câmera. O rastreamento baseado em modelos pode ser:

- Baseado em arestas: a estimativa da pose da câmera é realizada pelo relacionamento entre a malha do modelo 3D e as informações das arestas da imagem dos objetos do mundo real. A maneira como as características das arestas são utilizadas para o rastreamento podem ser de dois tipo: 1) baseada na detecção explícita das arestas; 2) baseada na amostragem de pontos nas arestas.

- Baseado em fluxo ótico: as informações para a estimativa da pose advêm do movimento relativo entre os quadros da sequência.

- Baseado em textura: leva em consideração informações da textura presentes nas imagens para realizar o rastreamento. E pode ser subdividido em: 1) casamento de padrão (*Template Matching*); 2) baseado em pontos de interesse (*Interest Points Based*); 3) baseado em características invariantes (*Tracking by Detection*) baseados em arestas (baseado em vistas - *View Based*) ou em texturas (baseado em pontos chaves - *Keypoint Based*).

No processo de rastreamento sem o uso de marcadores e sem modelo, o deslocamento da câmera e a geometria da cena são estimados sem conhecimento prévio, que é adquirido durante o rastreamento e, portanto, o processo é mais complexo e não depende da visibilidade de objetos específicos. Ele pode ser:

- Baseado em *Structure from Motion* (SfM): capacidade de reconstruir a estrutura de uma cena *on the fly*[12]. Uma técnica tradicional de SfM: *Real-Time Structure from Motion*;

- *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM): utilizado na Robótica para reconstruir uma representação *on the fly* do ambiente e estimar o movimento dos robôs. Uma técnica baseado no método probabilístico SLAM: MonoSLAM (câmera de grande abertura e movimento livre como único sensor e com restrições de tempo real).

A seguir, um quadro resumido do rastreamento sem marcadores:

[12] Na área da computação, o termo *on the fly* significa que o processamento não é interrompido por alguma modificação necessária e é feito no ato.

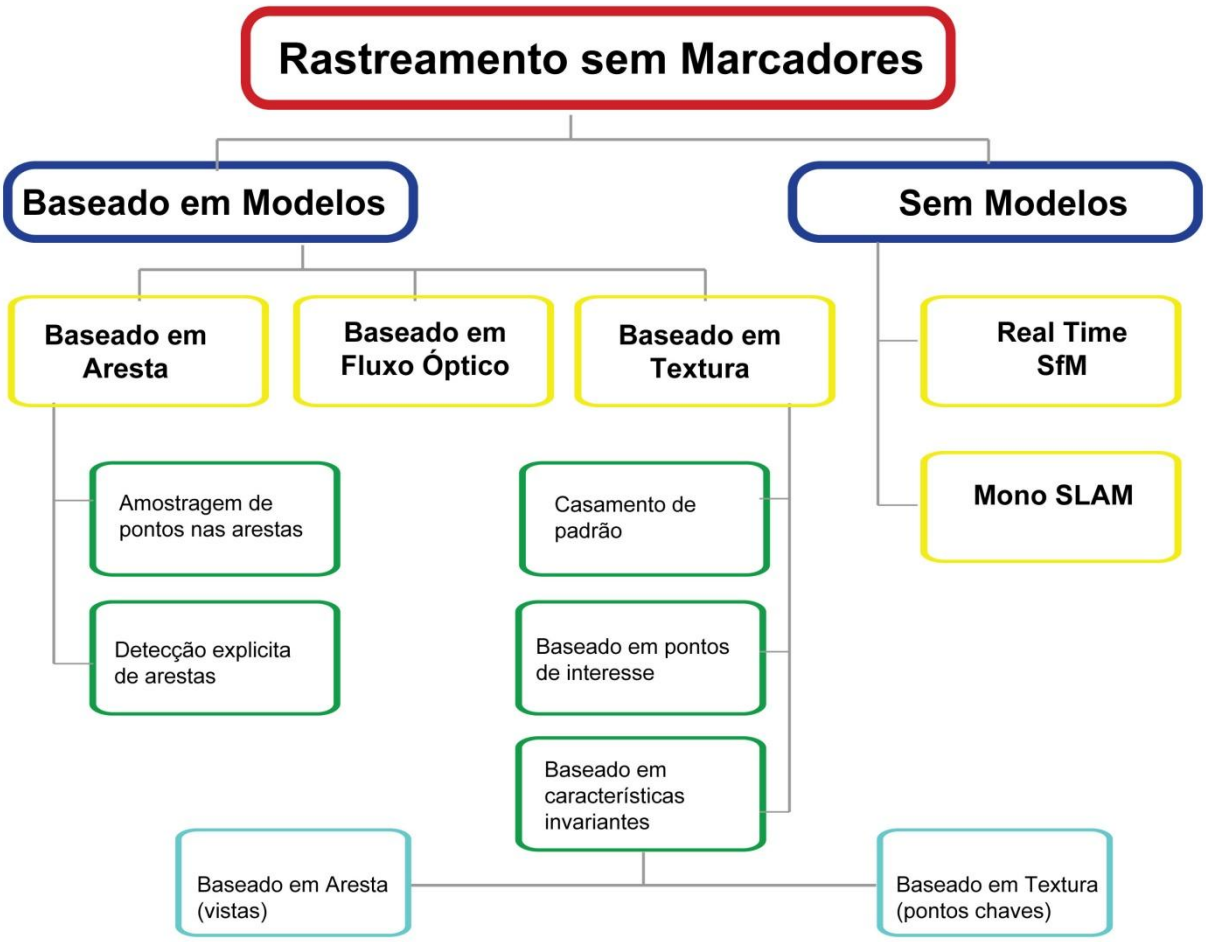

Figura 5: Esquema sobre o rastreamento sem marcadores

Fonte: TAVARES, Adonis; GABRIEL, João; TAVEIROS, Silvia. **Markless Reality Augmented (MAR)**. 2009, adaptado.

E há os processos híbridos de rastreamento como o uso de diferentes tipos de sensores; um tipo de sensor e o uso de marcadores; um tipo de sensor e um tipo de rastreamento sem marcadores; e outros.

Um exemplo de processo híbrido de rastreamento é o *Kinect*[13]. Esse sensor tem cinco elementos principais: 1) câmera RGB (Red, Green, Blue) que permite o reconhecimento da face; 2) câmera infravermelha (IR) combinada com um emissor de luz infravermelha cujos pontos de luz servem de referência para o

[13] http://www.xbox.com/pt-BR/kinect

reconhecimento de movimento e profundidade sem levar em conta as condições de iluminação; 3) microfone multi-matriz – uma série de quatro microfones embutidos que conseguem isolar vozes dos jogadores e diferenciá-las dos ruídos do ambiente; 4) processador e software próprios; 5) software próprio de detecção e rastreamento de 48 pontos de articulação do corpo de cada jogador.

Figura 6: Kinect - tecnologia de rastreamento

Fonte: http://www.youtube.com/watch?v=FQ_fNJWtMAE&feature=related

1.4- TIPOS DE SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA

Os sistemas de realidade aumentada podem ser classificados de acordo com o tipo de dispositivo para sua visualização:

- Sistema de visão óptica direta (*optical see-through*): utiliza óculos ou capacetes com lentes semitransparentes que permitem enxergar o ambiente real sobre o qual as informações digitais são sobrepostas;

- Sistema de visão direta por vídeo (*video see-through*): utiliza óculos ou capacetes de realidade virtual que isolam o interator da visão exterior, com uma câmera acoplada, que capta as imagens do ambiente real exterior, permitindo que o interator receba essas imagens processadas com a sobreposição de elementos virtuais pelo visor do capacete ou óculos;

- Sistema de visão por vídeo baseado em monitor (visualização indireta): esse sistema utiliza uma câmera para capturar o ambiente real e a imagem final com elementos virtuais é mostrada no monitor. Os sistemas de Realidade Aumentada dos aparelhos celulares enquadram-se nessa categoria;

- Sistema de visão óptica por projeção (RA Espacial – RAE): esse sistema acrescenta elementos virtuais ao ambiente real através da projeção direta destes elementos sobre os objetos reais. O sistema dispensa o uso de capacetes ou outros dispositivos acoplados ao corpo, porém necessita de outras condições, como o alinhamento preciso de projetores.

Outra possibilidade de classificação dos sistemas de Realidade Aumentada é referente ao ambiente do cenário real captado:

- Indoor: ambiente interior. Neste, caso há a possibilidade de maior controle sobre o ambiente e os seus elementos presentes (como a iluminação, por exemplo), facilitando os processos de rastreamento, registro e visualização;

- Outdoor: ambiente exterior. Neste caso, há menor controle sobre o ambiente e seus elementos, dificultando o rastreamento e a mobilidade dos equipamentos, entre outros desafios.

1.5- SOBRE A INTERATIVIDADE

A abordagem sobre diferentes aspectos relacionados com a interatividade decorre da análise do conceito conforme teóricos de várias áreas do pensamento. Alguns autores falam em graus e tipos de interatividade de acordo com a ampliação da participação do interator[14] permitida pelo sistema.

Pierre Lévy (1999) faz uma análise dos diferentes tipos de interatividade ao focar no desenvolvimento dos dispositivos informacionais e comunicacionais que possibilitem ampliar a participação do receptor ao ponto de torná-lo também um emissor da mensagem. Os dispositivos informacionais classificam a estrutura da mensagem e dependem do tipo de mídia, do modo como a mensagem é percebida pelos sentidos e do tipo de representação. Deste modo, a estrutura da mensagem poderá estar em forma linear, na qual o receptor não modifica a mensagem, que ocorre em mídias como o cinema, livros impressos e outros, ou em forma não linear, como, por exemplo, em rede ou num jogo de videogame onde é permitida e desejada a participação do receptor na organização da mensagem. Os dispositivos comunicacionais indicam a relação dos envolvidos num processo de comunicação e estão agrupados em três grandes categorias: um para todos (televisão, o rádio, a imprensa), um para um (telefone, correios) e de todos para todos (ciberespaço).

[14] "Este termo sucede ao conceito de simples usuário e acrescenta o aspecto de atuação ao participante. O interator é aquele que atua dentro das possibilidades estabelecidas pela programação dos meios eletrônicos. A autoria nesses meios é procedimental" (MURRAY, 2003, p.149).

Os diferentes tipos de interatividade

Relação com a mensagem / Dispositivo de comunicação	*Mensagem linear não-alterável em tempo real*	*Interrupção e reorientação do fluxo informacional em tempo real*	*Implicação do participante na mensagem*
Difusão unilateral	Imprensa Rádio Televisão Cinema	– Bancos de dados multimodais – Hiperdocumentos fixos – Simulações sem imersão nem possibilidade de modificar o modelo	– Videogames com um só participante – Simulações com imersão (simulador vôo) sem modificação possível do modelo
Diálogo, reciprocidade	Correspondência postal entre duas pessoas	– Telefone – Videofone	Diálogos através de mundos virtuais, cibersexo
Diálogo entre vários participantes	– Rede de correspondência – Sistema das publicações em uma comunidade de pesquisa – Correio eletrônico – Conferências eletrônicas	– Teleconferência ou videoconferência com vários participantes – Hiperdocumentos abertos acessíveis on-line, frutos da escrita/leitura de uma comunidade – Simulações (com possibilidade de atuar sobre o modelo) como de suportes de debates de uma comunidade	– RPG multiusuário no ciberespaço – Videogame em "realidade virtual" com vários participantes – Comunicação em mundos virtuais, negociação contínua dos participantes sobre suas imagens e a imagem de sua situação comum

Figura 7: Quadro de análise da Interatividade por Pierre Lévy

Fonte: LÉVY, Pierre. **Cibercultura.** Editora 34. 1999, p.83

No sistema de Realidade Aumentada, um dos requisitos apresentados por Azuma (2001) é a interação em tempo real. Em relação aos diferentes tipos de interatividade propostos por Pierre Lévy, temos, no sistema de Realidade

Aumentada, aquele que permite ao interator modificar o conteúdo da mensagem ao interagir com os objetos virtuais e a atualização continuada do sistema como consequência dessa participação.

Claudia Giannetti (2002) observa que os sistemas digitais de imagem e áudio permitem a modificação dos dados de acordo com as ações do observador através de uma interface, acrescentando uma dinâmica na representação. A autora classifica em três tipos a interatividade, de acordo com o grau de relação homem-máquina mediatizada por imagens, representações, sons, sistemas robóticos e outros:

> - Sistema mediador: reação pontual, simples, normalmente binária a um programa dado;
> - Sistema reativo: ingerência em um programa por meio da estruturação de seu desenvolvimento no âmbito das possibilidades dadas. Trata-se de uma interatividade de seleção, que implica a possibilidade de acesso multidirecional a informações audiovisuais para a execução de operações predeterminadas pelo sistema e, portanto, limitadas a elas;
> - Sistema interativo: estruturação independente de um programa que se dá quando um receptor pode atuar também como emissor. Trata-se de uma interatividade de conteúdo, na qual o Interator dispõe de um grau maior de possibilidades de intervir e manipular as informações áudios-visuais ou de outra natureza (como robótica) ou, em sistemas mais complexos, gerar novas informações. (GIANETTI, 2002, p.125)

Dentro da classificação proposta por Giannetti, o sistema de Realidade Aumentada é um Sistema Interativo, que permite e convida o interator a modificar as informações audiovisuais.

Em relação às artes, Júlio Plaza (2003) estabelece graus de abertura baseados nos níveis de intervenção permitida ao espectador pela obra de arte:

- Abertura de primeiro grau: a abertura se dá na mente e há a participação passiva do espectador através da contemplação, percepção, imaginação, evocação e outras ações mais subjetivas que não impliquem a

modificação da obra. Exemplos: a leitura de um romance ou assistir a um filme no cinema;

- Abertura de segundo grau: a abertura se dá na manipulação da obra e a obra permite e deseja a participação ativa do espectador que pode explorar, intervir, modificar, manipular um objeto artístico. Exemplos: obras *Parangolés*[15] de Hélio Oiticica e *Bichos*[16] de Lygia Clark.

- Abertura de terceiro grau: a abertura estimula a recriação da obra ou de obras a partir dela. Plaza observa essa nova possibilidade de abertura na relação entre arte e tecnologia e trata "a interatividade como sistemas eletrônicos que possibilitam a novas formas de criação, geração, transmissão, conservação e percepção de imagens" (SILVA).

> A interatividade como relação recíproca entre usuários e interfaces computacionais inteligentes, suscitada pelo artista, permite uma comunicação criadora fundada nos princípios da sinergia, colaboração construtiva, crítica e inovadora. (PLAZA, p.17)

Desde modo, é somente no "diálogo" entre o interator e os sistemas computacionais que a obra se faz. E esta participação efetiva do público dissolve a noção de autor, abrindo possibilidades de co-autorias (o artista, o interator e o sistema computacional).

O processo do Sistema da Realidade Aumentada possibilita essa abertura de terceiro grau proposto por Plaza. Veremos nos capítulos dedicados à

[15] Espécie de capa (ou bandeira, estandarte ou tenda) que só mostra plenamente seus tons, cores, formas, texturas e grafismos, e os materiais com que é executado (tecido, borracha, tinta, papel, vidro, cola, plástico, corda, palha) a partir dos movimentos de alguém que o vista. Por isso, a obra é considerada uma escultura móvel.

[16] Chapas de metal articuladas por dobradiças, que a artista chamou de Bichos e que assumiam formas diferentes após a manipulação para a qual os espectadores eram agora (ao invés de proibidos) convidados.

aplicação dos recursos da Realidade Aumentada nas artes que o interator é parte integrante da obra e sem essa participação a obra não se realiza em sua plenitude.

Edmund Couchot (2006) observa que a interatividade “tem uma trajetória complexa e hoje atinge nova forma” e apresenta os conceitos de interatividade baseados no cenário do percurso histórico da Cibernética (Couchot, 2003).

Cibernética é termo-título da obra escrita por Norbert Wiener em 1948 e que inaugura uma nova ciência da comunicação e do controle entre o ser humano e a máquina. Segundo Silvia Laurentiz (2007) o conceito de Cibernética já conta com um percurso histórico e suas preocupações específicas. Seu primeiro período, denominado Primeira Cibernética, preocupava-se com a estabilidade do sistema, a manutenção do controle e a correção de desvios pra sua sobrevivência. No segundo período, denominado Segunda Cibernética, surge a idéia de auto-referência onde o sistema em si e suas partes estão envolvidos consigo mesmo e o observador que dele participa também faz parte da observação.

Nesse contexto, a Primeira Interatividade conceitualizada por Couchot está ligada à Primeira Cibernética e mantinha o observador somente na função de observador. A Segunda Interatividade, ligada à Segunda Cibernética, acentua a participação do usuário, que, além de observador, é também “observado” pelo sistema. Há a ampliação da capacidade de dialogo ente o interator e as imagens digitais através da possibilidade de processamento da imagem em tempo real. Temos nesse novo cenário a possibilidade de interação entre o espectador e a imagem (interatividade exógena) e a interação entre os objetos virtuais entre si (interatividade endógena).

O sistema de Realidade Aumentada se enquadra no campo de pesquisa tanto da interatividade exógena e como da endógena. A relação do interator com os objetos virtuais deve ser em tempo real; deste modo, há a interatividade exógena na relação que se estabelece entre o interator e os objetos virtuais, e a interatividade endógena, onde um software consegue analisar os dados da imagem e registrar os objetos virtuais.

No campo de pesquisa da interatividade exógena, temos propostas de dispositivos interativos dotados de interfaces especificas que possibilitam ao interator manipular as imagens em tempo real. Essas interfaces são munidas de captadores capazes de registrar certas ações do espectador (deslocamento no espaço, gestos específicos, comandos vocais e outros).

No meio digital, segundo Couchot (2006), a interface “são os dispositivos técnicos que permitem a troca de informações entre a máquina e a pessoa. É um prolongamento do público: o homem e o computador se encontram por meio da interface”.

Um conceito de interação pesquisado atualmente é o da interface tangível (IT):

> Geralmente interfaces palpáveis e tangíveis são sistemas relacionados com o uso de objetos físicos como representações e controles da informação digital. Uma das principais características das interfaces tangíveis é a integração perfeita da representação e controle, com objetos físicos que estão sendo tanto a representação da informação como controles físicos para a manipulação direta de suas associações subjacentes. Dispositivos de entrada e de saída caminham juntos. (CAMPOS, p.2, tradução nossa)

No desenvolvimento das interfaces tangíveis, um artefato do mundo físico é um registro e controla as informações digitais de um objeto virtual (portanto, há uma relação de continuidade entre um registro de um objeto com um objeto virtual) e tornando-o desse modo um objeto tangível (pela interface) . Um exemplo desse tipo de interface no sistema de Realidade Aumentada é a de *MagicLens*, em que o interator manipula marcadores físicos que controlam uma lupa virtual.

Figura 8: MagicLens

Fonte: BILLINGHURST, Mark; GRASSET, Raphaël; LOOSER, Julian. **A 3D Flexible and Tangible Magic Lens in Augmented Reality.** 2007, p.4.

Outro exemplo de interface tangível é o *Sandscape* no qual a areia é o objeto tangivel para desenhar e compreender paisagens através de simulações computacionais.

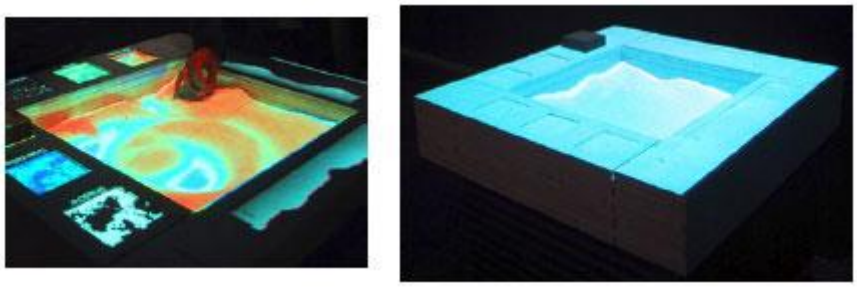

Figura 9 - Sandscape

Fonte: ISHII, Hiroshi; BIDERMAN, Assaf; RATTI, Carlo. **Bringing clay and sand into digital design - continuous tangible user interfaces**. 2004, p.292.

Uma interface muito pesquisada e desenvolvida é o controle dos elementos virtuais através do próprio corpo do interator. Dispositivos e sensores são desenvolvidos para reconhecer a silhueta do interator e desta forma reconhecer

seus movimentos e comandos que irão representar e controlar as informações digitais. Um exemplo é o sensor *Kinect* (descrito no capitulo 1.3).

1.6- SOBRE A IMERSÃO

A imersão é um aspecto explorado em várias aplicações de criação de ambientes virtuais pela Realidade Virtual (RV). Esse ideal de integrar o público ao ambiente imaginário é ambicionado pelas expressões artísticas desde épocas remotas, porém o aparato tecnológico que proporcionaria a integração de áudio e a interação com o ambiente em tempo real aumenta essa possibilidade.

Richard Wagner, compositor alemão de óperas, idealizava uma obra de arte total. Em 1849, Wagner escreve um ensaio no qual a ópera seria o veículo unificador de todas as artes. Richard Wagner aplicou seus ideais num teatro inaugurado em 1876, o Teatro do Festival de Bayreuth, no qual a casa era toda escurecida, o som tinha uma reverberação inédita e foi feita uma revitalização do anfiteatro grego ao concentrar a atenção do público no palco. O aspecto imersivo dos ambientes virtuais se aproxima dos ideais wagnerianos onde todo o aparato é projetado para integrar o público ao mundo imaginário.

Podemos considerar a máquina Sensorama[17] de Morton Heilig um exemplo na história do desenvolvimento da Realidade Virtual do ideal wagneriano de concentrar a atenção do participante.

Oliver Grau, professor de ciência da imagem, faz uma comparação envolvendo o modo como a arte virtual se encaixa na história da arte da ilusão e da imersão. O autor se foca no estudo das imagens que proporcionam uma experiência de imersão total na obra. Ele traz exemplos como os afrescos de Villa Lívia, em

[17] Citado no capitulo 2.1.1

Prima Porta (Roma), datada de 20 a.C., cuja totalidade das imagens cria uma ilusão de um jardim artificial. As técnicas de pintura ilusionista, segundo Grau, criam um espaço artificial ao qual o observador se integra. Desta forma, a imersão ocorre também devido à disposição do observador:

> A imersão é um processo, uma mudança, uma passagem de um estado mental a outro. É caracterizada pela diminuição da distância crítica do que é mostrado e por um aumento do envolvimento emocional sobre o que está acontecendo. Como os meios da imagem podem ser descritos em termos de sua intervenção na percepção, em termos de como organizam e estruturam a percepção e a cognição, os espaços virtuais imersivos devem ser classificados como variações extremas dos meios de imagem que, por causa de sua totalidade, oferecem uma realidade completamente alternativa. (GRAU, 2003, p.13)

No sistema da Realidade Aumentada o espaço é construído na atualização contínua dos ambientes real e virtual por meio da interação homem/máquina. É um espaço de vivência e experimentação intermediadas pela interface. As reconfigurações do espaço ocorrem através da interatividade, da relação externa do interator e dos objetos virtuais e da relação interna dos objetos virtuais processados por um software.

Segundo a observação de Claudio Bueno:

> Se, no Renascimento, o espaço era rígido e perspectivo, hoje, ele assume um caráter fluido, participativo, mutante. [...] Os espaços atuais se constroem baseados em processos, fenômenos e troca contínua de informações entre físico e virtual através do fluxo estabelecido pelas interfaces. (BUENO, 2007)

O sistema de Realidade Aumentada, com a continuidade realidade/virtualidade, poderia ser chamado, segundo Christine Ross, de percepção aumentada de tempo e espaço:

> [...] pesquisas recentes na tecnologia da Realidade Aumentada (RA) assumem o aumento da percepção a ser otimizado quando imagem e real co-existem em continuidade. [...] Este campo crescente da aplicação tecnológica visa a resolver o principal limite da realidade virtual (VR) - a separação do usuário imerso do ambiente físico imediato - assegurando a sobreposição de dados virtuais e da cena percebida. (ROSS, 205, p.40)

Arlindo Machado coloca como um princípio importante da imersão do interator no ambiente virtual o recurso da "câmera subjetiva":

> Nos dispositivos de imersão propostos pela engenharia da realidade virtual, a câmera subjetiva é uma fatalidade inquestionável. Para que a sensação de estar "dentro" do ambiente virtual se produza e para que o visível possa ser constantemente atualizado em função dos movimentos do espectador-interator, dando a este a impressão de interagir com o ambiente, tudo deve se passar como se a imagem visualizada nos monitores do EyePhone correspondesse ao próprio campo visual do seu observador. (MACHADO, 2002,p.13)

Arlindo Machado menciona o uso de avatares nos ambientes virtuais e nos jogos em primeira pessoa, porém, em se tratando de Realidade Virtual, temos atualmente uma tecnologia que permite esse recurso da câmera subjetiva através da identificação dos movimentos do interator que são transmitidos para um avatar que o representa dentro do mundo virtual. Temos um exemplo desse recurso no mercado denominado *AvatarKinect*[18]. O sensor consegue captar os movimentos faciais e corporais do interator e aplicá-los no seu avatar representante no mundo virtual.

Para Daniela Hanns, a utilização do corpo como uma interface é uma das estratégias de imersão:

> Em sistemas de Realidade Virtual, o ponto de vista é substituído pela experiência de estar: além da atualização de pontos de vistas em tempo real

[18] http://www.xbox.com/pt-BR/Kinect/KinectAvatars

> e da imersão em um espaço tridimensional e dinâmico, visa-se, eminentemente, além da imersão, à interação multissensorial do corpo com o ambiente, o que se realiza via: a) dispositivos agregados ao corpo (capacetes, luvas, vestimentas, sensores, chips); b) ambientes físicos (salas e CAVEs), capazes de detectar, reconhecer, mapear e incorporar o interator; c) métodos híbridos.
>
> Enquanto, por um lado, a incorporação de determinados dispositivos ao corpo do usuário possibilita a imersão, por outro, busca-se libertar o corpo desses dispositivos. (HANNS, 2006, p.284)

Os artistas visuais, de acordo com a análise de Oliver Grau, desde tempos remotos criavam estratégias de integrar os observadores aos seus mundos artificiais, e no sistema de Realidade Aumentada, podemos destacar o desenvolvimento dos processos de rastreamento sem marcadores que possibilitam utilizar o próprio corpo do interator como interface capaz de aumentar ainda mais a sensação de imersão nos ambientes virtuais.

1.7- UTILIZAÇÃO E PESQUISA INICIAIS DA REALIDADE AUMENTADA

Os campos de aplicação dos sistemas de Realidade Aumentada são amplos e diversas são as suas finalidades.

Na medicina, onde o uso da tecnologia da imagem é difundido, a Realidade Aumentada auxilia nas cirurgias guiadas por imagem ao projetar devidamente sobre o paciente os dados da tomografia computadorizada ou ressonância magnética no centro cirúrgico. A finalidade é diminuir o uso de procedimentos incisivos e dolorosos na localização de áreas de interesse no corpo do paciente.

Figura 10 - VeinViewier

Fonte: http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI80934-15259,00.html

No treinamento militar há a utilização do sistema de Realidade Aumentada para a apresentação de informações ao piloto sobre o pára-brisa da cabine ou na viseira de seu capacete.

Figura 11- Realidade Aumentada aplicada a área militar

Fonte: http://augreality.pbworks.com/w/page/9469034/Current-Applications-of-AR

Na área de produção, manutenção e reparação mecânica, a Realidade Aumentada poderia acrescentar informações e anotações sobre a imagem do equipamento a ser reparado.

Figura 12- ARMAR (Realidade Aumentada para Manutenção e Reparo)

Fonte: http://info.abril.com.br/noticias/blogs/gadgets/smartphones/realidade-aumentada-ajuda-em-consertos-e-tarefas/

Nas áreas da arquitetura e construção, a aplicação do sistema de Realidade Aumentada pode otimizar processos, ao possibilitar a antecipação de eventos não ocorridos, como a projeção de um prédio no local de sua construção.

Figura 13: Projeção de uma construção vista em um helicóptero

Fonte: Yano, Célio. **Construtora cria maior projeto de realidade aumentada do mundo.** [01 de julho, 2010]. São Paulo: *Revista Exame.*

A aplicação da Realidade Aumentada na publicidade ajudou na sua popularização. No início, seu uso estava focado na divulgação dos produtos, permitindo ao consumidor de posse da embalagem, na qual estaria impressa um marcador, apontá-la em frente a uma *webcam* e interagir com o produto virtual visto pelo monitor. Atualmente há aplicativos de sites de comercio eletrônico nos quais o

consumidor em frente a uma webcam consegue experimentar os produtos virtuais vistos pelo monitor.

Figura 14- Realidade Aumentada nos sites de comércio eletrônico

Fonte: http://www.zugara.com/augmented-reality/e-commerce

Uma área em potencial para a aplicação do sistema de Realidade Aumentada é a da educação. Segundo Romero Tori:

> O fato de o aluno poder sentir o objeto de estudo em suas mãos é um poderoso componente para a sensação de presença e interatividade por ele percebida. Conseguindo-se o envolvimento e presença do aluno, o professor terá o campo aberto para mostrar toda sua competência. (TORI, 2010)

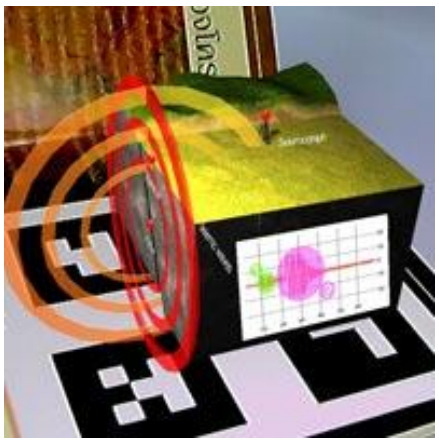

Figura 25: Realidade Aumentada na Educação

Fonte: http://www.larngeartech.com/interactive_book.html

Outras áreas nas quais podemos encontrar a utilização e o desenvolvimento dos recursos em Realidade Aumentada são: projetos de engenharia, robótica e tele-robótica, projetos de design, treinamento, entretenimento e outros. Foi, porém, na produção de jogos que o sistema da Realidade Aumentada se popularizou.

1.8- AS PRODUÇÕES DE JOGOS EM REALIDADE AUMENTADA

Dedicaremos os capítulos seguintes ao levantamento de algumas produções e alguns protótipos de jogos em Realidade Aumentada. Aproveitaremos a classificação dos sistemas de Realidade Aumentada de acordo com o tipo de dispositivo para sua visualização para o agrupamento dessas produções e a divisão de capítulos.

1.8.1- JOGOS ENCONTRADOS EM REALIDADE AUMENTADA NOS SISTEMAS DE VISÃO DIRETA POR VÍDEO (VÍDEO SEE-THROUGH)

Este capítulo é dedicado aos jogos ou protótipos de jogos em Realidade Aumentada visualizados por meio de óculos ou capacetes de realidade virtual que isolam o interator da visão exterior.

Nome/Referências	Rastreamento	Plataforma
Scope	Vídeo com marcadores	HMD/Monitor/Windows
Goblin AR XNA Racing Game	Vídeo com marcadores	HMD/Monitor/Windows

Tabela 1 – Jogos em Realidade Aumentada nos Sistemas de Visão Direta por Vídeo

Scope[19] é um protótipo de jogo desenvolvido pelo francês Frantz Lasorne que utiliza marcadores fiduciais aderidos aos bonecos tangíveis. Cada marcador tem várias imagens cada qual representando uma ação possível de ser selecionada pelo interator através do foco da câmera. Outros objetos reais espalhados na área do jogo servem de cenário de campos de batalha. Segundo Lasome, o jogo prentendia reaproximar dos brinquedos reais as crianças acostumadas ao mundo dos jogos digitais. A impressão que o sistema de Realidade Aumentada traz ao jogo é justamente a ampliação da funcionalidade desses bonecos tangíveis ao acrescentar informações virtuais, uma vez que eles são bem conhecidos no mercado.

Figura 16: Scope

Fonte: http://turing.lecolededesign.com/flasorne/portfolio/index.php?2009/01/25/30-real-virtual-playground

[19] http://turing.lecolededesign.com/flasorne/portfolio/index.php?2009/01/25/30-real-virtual-playground

O *Goblin XNA AR Racing Game*[20] é um protótipo de jogo que aplica a técnica de rastreamento baseado em vídeo com marcadores fiduciais impressos num tabuleiro físico. O motorista/jogador deverá passar por uma sequência de pontos ao longo do caminho, evitando obstáculos. Este protótipo parece não explorar o potencial de ampliar o ambiente real com elementos virtuais ao concentrar toda a atenção do jogador somente no tabuleiro com vários marcadores que tiram a naturalidade da cena.

Figura 17: Goblin XNA AR Racing Game

Fonte: http://graphics.cs.columbia.edu/projects/goblin/index.htm

[20] http://graphics.cs.columbia.edu/projects/goblin/index.htm

1.8.2- JOGOS ENCONTRADOS EM REALIDADE AUMENTADA NOS SISTEMAS DE VISÃO POR VÍDEO BASEADO EM MONITOR

Este capítulo é dedicado aos jogos comerciais ou protótipos de jogo em Realidade Aumentada com visualização indireta por vídeo baseado em monitor (categoria em que se enquadram os aparelhos celulares).

Nome/Referências	Rastreamento	Plataforma
Environmental Detectives	GPS	Smartphone/Android
Epidemic Menace	GPS	Smartphone/Android
The Invisible Train	Vídeo com marcadores	Smartphone/Android
Art of Defense	Vídeo com marcadores	Smartphone/Symbian OS
ARhrrrr	Vídeo com modelos	Celular com camera/Android
Kweekies	Vídeo com modelos	Smartphone/ Android
Invizimals	Vídeo com modelos	PSP/Xross Media Bar
AR Tower Defense	Vídeo com marcadores	Smartphone/ Symbian OS
AR Roguelike	Vídeo com marcadores	Smartphone/ Symbian OS
PIT Strategy	Vídeo com modelos	PC/Windows
Multimodal Augmented Reality Tangible Game	Vídeo com marcadores/sensor	PC/Windows
QuikeLings	Vídeo com marcadores	PC/Windows
ARGH	Acelerômetro	Smartphone/Android
CARCADE	Video sem marcador	PC/Windows
Firefighter 360	Acelerômetro/Bussola	Smartphone/iPhone 2.0
Ghostwire	Video sem marcador	DSI/Dsi
Pacman (Layar3D)	Acelerômetro/Bussola	Celular com camera/Android
Mosquitoes	Acelerômetro/Bussola	Smartphone/ iOS 4.1
Reality Arcade	Acelerômetro/Bussola	Smartphone/ iPhone 2.0
Kinect games	Híbrido (video/sensor infravermelho)	Xbox 360/Windows 2000

Tabela 2 - Jogos em Realidade Aumentada nos Sistemas de Visão por Vídeo baseado em monitor

O *Quikelings* é um protótipo de jogo que utiliza um cubo com vários marcadores fiduciais como interface tangível. Um dos módulos, desenvolvido pelos alunos da Universidade de Tecnologia de Viena, é uma fase de jogo na qual o jogador manipula um cubo de granito que serve de auxílio para as figuras virtuais atravessarem um rio de lava. Podemos destacar o uso de um cubo tangível como controlador do bloco de granito virtual que possibilita ao jogador experimentar com a movimentação do próprio corpo manipular os objetos virtuais do jogo.

Figura 18: Quikelings

Fonte: http://www.youtube.com/watch?v=dcvwcizBYk8

O *Multimodal Augmented Reality Tangible Game* é um protótipo de jogo baseado no clássico “Pipe Mania”. O objetivo do jogo é conectar um gasoduto posicionando pedaços de cano gerados aleatorianemte. O protótipo foi construido com marcadores fiduciais para o posicionamento das peças e uma luva com sensor magnético que reconhece a movimentação dos dedos. Esta configuração permite ao jogador pegar e colocar as peças virtuais simplesmente abrindo e fechando a mão, e todo o movimento é monitorado através do marcador fiducial acoplado às costas da luva. Este sistema que integra marcadores fiduciais e sensor possibilita tornar a mão do jogador uma interface tangível que manipula diretamente os objetos virtuais.

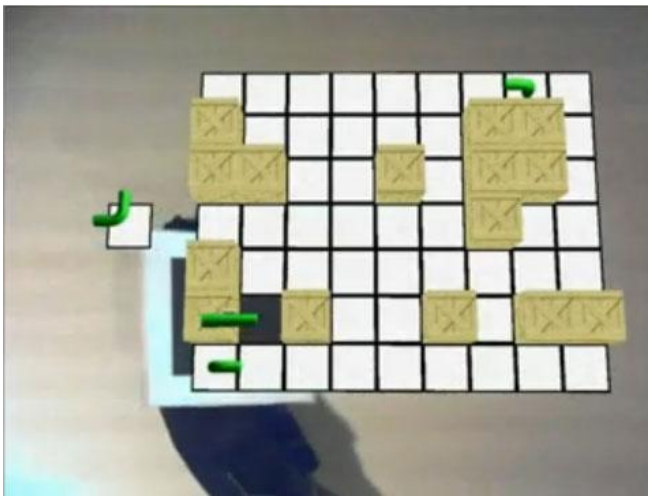

Figura 19: Multimodal Augmented Reality Tangible Game

Fonte: http://www.youtube.com/watch?v=0xPIpinN4r8

ARhrrrr[21] é um jogo de tiro em Realidade Aumentada para celulares com câmera. Ao apontar a câmera para o mapa do jogo, o jogador vê pelo visor uma cidade virtual com zumbis andando pelas ruas sob o ponto de vista de um helicóptero. O objetivo do jogo é eliminar os zumbis e evitar que estes matem os habitantes da cidade. Confeitos doces coloridos são os objetos tangíveis que o jogador pode utilizar para acionar eventos como disparos ou explosões. A utilização do sistema de Realidade Aumentada nesse jogo para celular permite maior movimentação do jogador ao redor do mapa de jogo.

[21] http://www.augmentedenvironments.org/lab/research/handheld-ar/arhrrrr/

Figura 20: ARhrrrr

Fonte: http://www.augmentedenvironments.org/lab/research/handheld-ar/arhrrrr/

Temos exemplos de *demos*[22] de jogos em Realidade Aumentada com marcadores fiduciais para *smartphone*[23] como o *AR Tower Defense* e *AR Roguelikede*.

Em *AR Tower Defense*[24] o jogador precisa proteger a estação de energia central contra os invasores. Antes de iniciar o jogo, o jogador deve ao seu modo posicionar os marcadores na mesa para serem reconhecidos pela câmera. Deste modo, o jogador constrói seu espaço de jogo.

Em *AR Roguelikede*[25] temos seis marcadores tradicionais e três marcadores impressos com quadrados sólidos sobre os quais o jogador deve colocar pequenos objetos reais, como moedas. O objetivo do jogo é capturar robôs inimigos correndo ao redor deles. Os objetos reais são usados para criar espadas, escudos e armas. Este jogo, como no anterior, possibilita ao jogador construir o espaço de jogo ao posicionar os marcadores na mesa. Este recurso aumenta a participação do jogador e a utilidade dos marcadores.

---

[22] Demos: protótipos demonstrativos.

[23] *Smartphone* é um telefone celular com funcionalidades avançadas de um computador de dimensões reduzidas.

[24] http://www.cellagames.com/artd.html

[25] http://www.cellagames.com/arogue.html

Figura 21: Tower Defense e AR Roguelike

Fonte: http://www.cellagames.com/

PIT Strategy[26] é um jogo de corridas em Realidade Aumentada que utiliza um tabuleiro com cartões para determinar as estratégias de manutenção no tempo de parada. Nesse jogo, a maioria da seleção de tarefas é feita através da colocação de cartões sobre o tabuleiro. A emoção do jogo está nas estratégias adotadas no *pit-stop*. Nesse jogo, o sistema de Realidade Aumentada possibilita utilizar os cartões tangíveis como interface para seleção de tarefas/funções.

Figura 22: PIT Strategy

Fonte: http://game.beyondreality.nl/

[26] http://game.beyondreality.nl/

O sistema de Realidade Aumentada está sendo utilizado nos jogos que resgatam aspectos de animais de estimação virtuais como *Kweekies* e *Invizimals*.

Kweekies[27] é um jogo para *smartphone* e o objetivo do jogador é treinar seu animal virtual para lutar contra outros animais virtuais controlados por computador e também via online.

Figura 23: Kweekies

Fonte: http://gadget-hot-stuff.blogspot.com/2009/08/kweekies-awesome-virtual-pet-game-for.html

Invizimals[28] é um jogo para *PSP*[29] e o objetivo do jogador é capturar e treinar criaturas exóticas e lutar com criaturas de outros jogadores.

[27] http://kweekies.com/

[28] http://www.invizimals.com/

[29] Playstation Portable (PSP) é a versão portátil do console (microcomputador dedicado a executar os videogames) da série PlayStation da empresa Sony.

Figura 24: Invizimals

Fonte: http://www.invizimals.com/

O sistema de Realidade Aumentada em *Kweekies* e *Invizimals* parece aumentar o apego emocional aos animais ou criaturas virtuais ao integrá-los ao espaço real do jogador. Ambos os jogos utilizam cartões impressos para posicionar os objetos virtuais no ambiente real.

Alguns jogos em Realidade Aumentada para celulares utilizam componentes desses aparelhos como o acelerômetro (que mede a orientação da tela na sua movimentação) e a bússola digital. Com esses sensores, os jogos tornam-se independentes de marcadores e da restrição de espaço real de jogo. Exemplos de jogos com o uso desses sensores: *Mosquitoes, Arcade Reality e Firefighter 360.*

Mosquitoes[30] é um jogo de tiro no qual o interator deve eliminar mosquitos virtuais que sobrevoam o ambiente real.

[30] http://tinyurl.com/yfrlhrc

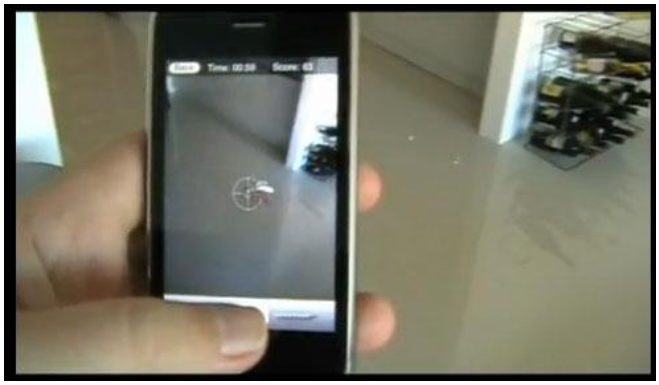

Figura 25: Mosquitoes

Fonte: http://tinyurl.com/yfrlhrc

Em *Arcade Reality* [31], temos a adaptação de jogos árcades (jogos de fliperama) para o sistema de Realidade Aumentada.

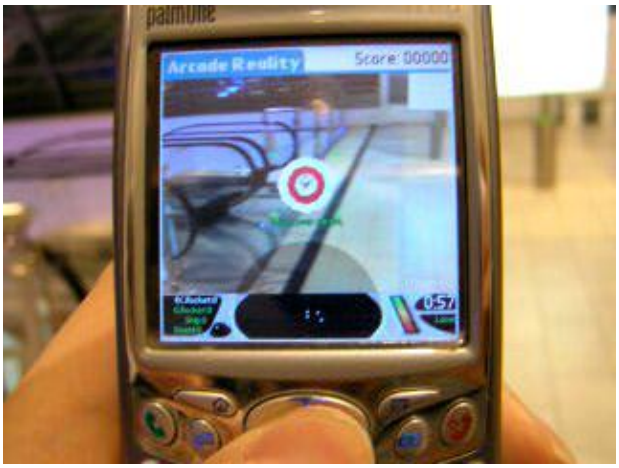

Figura 26: Arcade Reality

Fonte: http://www.toyspring.com/arcade/

O *Firefighter 360*[32] é um jogo de combate a incêndios em primeira pessoa.

[31] http://www.toyspring.com/arcade/

[32] http://www.firefighter360.com/

Figura 27: Firefighter 360

Fonte: http://www.firefighter360.com/

Podemos perceber que nesses três jogos (*Mosquitoes, Arcade Reality e Firefighter 360)* o sensor do acelerômetro e a bússola digital presentes nos celulares possibilitou levar os jogos em Realidade Aumentada a espaços mais abertos.

Além do acelerômetro e a bússola digital, alguns desenvolvedores utilizam o sensor GPS dos celulares nas aplicações de jogos em Realidade Aumentada, como na adaptação do *PacMan*[33] desenvolvida pela *Layar 3D*[34]. A utilização do sensor GPS torna possível a utilização das ruas do ambiente real como labirintos para as ações do *PacMan*.

[33] *Pacman* é um jogo eletrônico criado no inicio dos anos 80 e o jogador é uma cabeça redonda cuja boca abre e fecha e tem o objetivo de comer as pastilhas espalhadas ao longo do labirinto e não ser alcançado por fantasmas.

[34] http://site.layar.com/company/blog/category/layers/games/

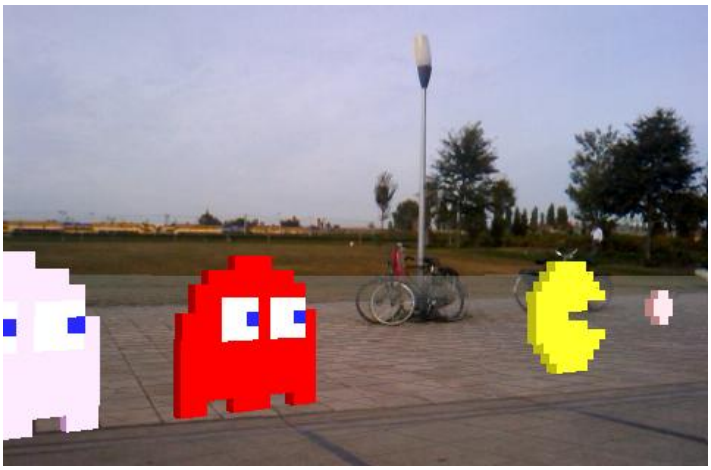

Figura 28: PacMan

Fonte: http://www.pocket-lint.com/news/27365/video-layar-3d-augmented-reality

Carcade[35] é um protótipo de jogo que utiliza uma câmera conectada a um computador portátil e apontada para o exterior da janela do banco do passageiro de um carro para capturar a paisagem e utilizá-la como ambiente de jogo. O modo como o motorista conduz o veiculo influencia o jogo: quanto mais rápido, mais difícil. O objetivo do jogador, sentado no banco do passageiro, é conduzir uma espaçonave, coletar os pontos no caminho e desviar dos obstáculos (no caso, edifícios e objetos do mundo real).

[35] http://dasautomat.com/?p=209

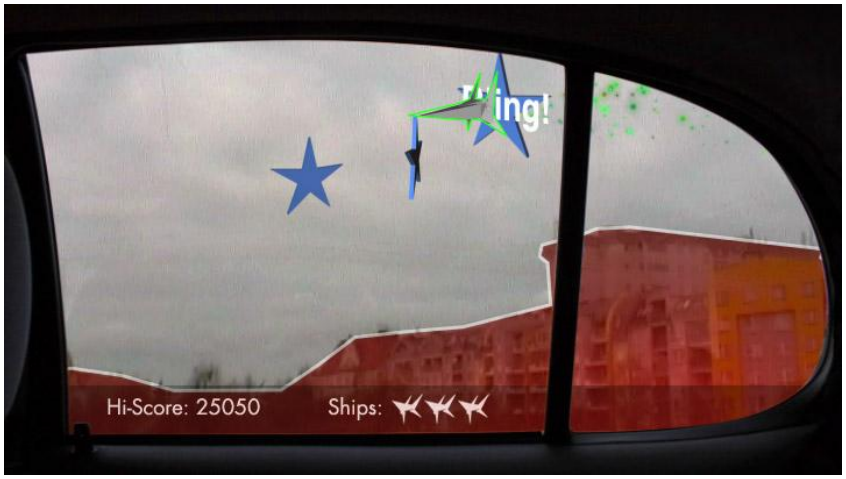

Figura 29 Carcade

Fonte: http://dasautomat.com/?p=209

O sistema de Realidade Aumentada com a sobreposição de objetos virtuais no ambiente real é explorado também na criação do universo sobrenatural representado por seres fantasmagóricos. Este universo é explorado nos seguintes jogos: *ARGH* e *Ghostwire.*

Em *ARGH*[36] o jogador utiliza o *smartphone* como um conjunto de óculos para localizar os fantasmas que podem existir ao seu redor.

Figura 30: ARGH

Fonte: http://arghgame.com/

[36] http://arghgame.com/

Em *Ghostwire*[37] para *DSI*[38]·, o jogador deve encontrar os fantasmas, interagir com eles, saber os motivos de estarem assombrando o local e ajudá-los a encontrar um descanso pacífico.

Figura 31: Ghotwire

Fonte: http://ds.nintendolife.com/games/ds/ghostwire

Em comparação com *ARGH*, *Ghostwire* parece apresentar um conteúdo maior de tarefas, porém ambos os jogos conseguem criar o clima sobrenatural graças à exploração da característica do sistema de Realidade Aumentada de visualizar os objetos virtuais no ambiente real somente no visor desses dispositivos móveis.

O sistema de Realidade Aumentada também é explorado nos denominados jogos colaborativos[39]. Exemplos de jogos ou protótipos de jogos nessa categoria: *Art of Defense*, *The Invisible Train* e *AR Second Life.*

Art of Defense[40] é um jogo para dois jogadores que combina dispositivos móveis[41] com peças físicas de um jogo de tabuleiro. O objetivo do jogo é

[37] http://www.ghostwiregame.com/

[38] Nintendo DSI é um console de videogame portátil da Nintendo.

[39] Nos jogos colaborativos, os jogadores devem colaborar uns com os outros para realizar uma determinada tarefa em vez de competir.

[40] http://www.prism.gatech.edu/~kraveendran3/ArtOfDefence/AoD-Sandbox-Final.pdf

impedir os inimigos de alcançar a torre base. Semelhante ao jogo *PIT Strategy,* os cartões tangíveis servem de interface para a execução de estratégias de defesa. O sistema de Realidade Aumentada acrescenta a visualização da movimentação resultante da estratégia adotada.

Figura 32: Art of Defense

Fonte: TA HUYNH, Duy-Nguyen et al. **Art of Defense: A Collaborative Handheld Augmented Reality Board Game.**

The Invisible Train[42] é um jogo multiusuário para dispositivos móveis. O objetivo do jogo é controlar os comboios virtuais em uma ferrovia simplificada real e evitar uma colisão. O projeto não parece utilizar o sistema de Realidade Aumentada de maneira a acrescentar maior atrativo ao jogo, pois o espaço do jogo está restrito à maquete da ferrovia e a interface de comandos se restringe ao visor do dispositivo móvel e não solicita nenhuma movimentação por parte do jogador.

[41] Um dispositivo móvel (handheld) é um computador de bolso equipado com um monitor (saída) e um teclado em miniatura ou uma tela tátil (entrada). O Smartphone é um exemplo de dispositivo móvel.

[42] http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/invisible_train/

Figura 33: The Invisible Train

Fonte: http://studierstube.icg.tugraz.at/invisible_train/

O sistema de Realidade Aumentada é aplicado nos jogos pervasivos[43] nos quais amplos espaços exteriores servem como cenários de atuação dos jogadores. Temos os seguintes exemplos dessa categoria de jogo: *Environmental Detectives* e *Epidemic Menace.* Além de pervasivos, ambos os jogos são colaborativos e com caráter educacional.

Em *Environmental Detectives*[44]*,* jogadores guiados por dispositivos móveis equipados com GPS precisam descobrir a origem de um vazamento tóxico através das entrevistas com personagens virtuais, a simulação de medições em ambientes em grande escala e análise de dados. O sistema de Realidade Aumentada é aplicado na simulação da medição desses ambientes rastreados através do GPS.

[43] De acordo com Sonia Vázquez: ”Os jogos pervasivos são radicalmente uma nova forma do jogo que amplia as experiências dos jogos de videogame para o mundo físico.” (VÁZQUEZ, 2009, p.26)

[44] http://education.mit.edu/ar/ed.html

Figura 34: Environmental Detectives

Fonte: http://education.mit.edu/ar/ed.html

Epidemic Menace[45] apresenta múltiplas interfaces de jogo como aparelhos para a comunicação com dispositivos móveis com sistema de Realidade Aumentada. O objetivo dos jogadores é controlar um vírus roubado e espalhado pelo local. Nesse jogo o sistema de Realidade Aumentada simula a visualização dos vírus virtuais espalhados pelo espaço de jogo.

Figura 35: Epidemic Menace

Fonte: http://iperg.sics.se/iperg_games2.php

[45] http://iperg.sics.se/iperg_games2.php

Para o sensor Kinect foram desenvolvidos vários pacotes de jogo como: *kinect Adventures, kinect Sports, Kinectimals* entre outros[46]. O sensor kinect que reconhece o contorno dos jogadores permite que estes utilizem o próprio corpo como interface tangível para controle do personagem virtual.

Figura 36: Kinect Sports

Fonte: http://www.xbox.com/pt-BR/Kinect/

1.8.3- JOGOS ENCONTRADOS EM REALIDADE AUMENTADA NOS SISTEMAS DE VISÃO ÓTICA POR PROJEÇÃO (RA ESPACIAL – RAE)

[46] http://www.xbox.com/pt-BR/Kinect/

Nome/Referências	Rastreamento	Plataforma
PINWALL	Video com modelos[47]	Projetor/Windows
ARHockey	Video /Sensor infravermelho	Projetor/Windows
Robot ARena	Video sem marcadores	Projetor/Windows

Tabela 3 – Jogos em Realidade Aumentada nos Sistemas de Visão por Projeção

Este capítulo é dedicado aos jogos em sistemas de Realidade Aumentada com visualização ótica por projeção (RA Espacial). Este sistema permite a visualização do jogo por várias pessoas e em espaços mais amplos, porém, apresenta o desafio do correto alinhamento dos projetores.

O *PinWall*[48] é um exemplo desse sistema. Na fachada de um prédio é projetado um fliperama virtual interativo e os comandos do jogo são realizados através da manipulação de dispositivos reais em grande dimensão que imitam botões de fliperama e possibilitam a ativa participação do público.

Figura 37: PinWall

Fonte: http://www.urbanscreen.com/usc/31

[47] Eles (Urban Screen) desenvolveram um procedimento padrão para análise arquitetônica dos edifícios sobre os quais serão feitas as projeções, chamado LUMENTEKTUR. Através desse procedimento que trabalha com medidas exatas, a projeção fica perfeitamente inserida no plano de fundo, sem distorções da imagem, e tem-se um modelo em tamanho menor da obra. Isso permite referência direta para a interação do público com as projeções. (Rizzo,2010)

[48] http://www.urbanscreen.com/usc/31

ARHockey é uma versão em Realidade Aumentada do jogo *air hockey* que consiste na competição entre dois jogadores com batedores que impulsionam um disco ao gol adversário sem ultrapassar a linha do meio da mesa. Em *ARHockey* o disco e o espaço de jogo são virtuais e projetados numa mesa e os batedores são reais.

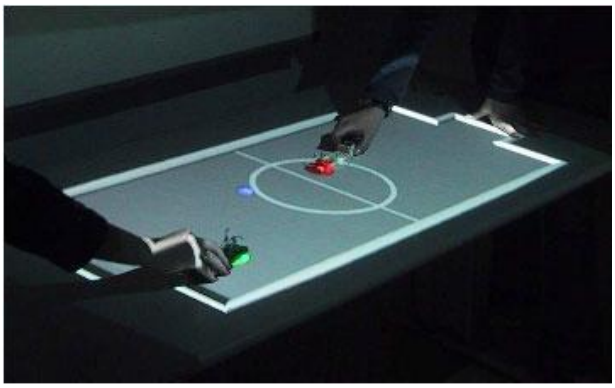

Figura 38: ARHockey

Fonte: VIEIRA, Beatriz N.S. et.al. **ARHockey: um jogo em realidade aumentada baseada em projetores**.

Robot ARena é um jogo em Realidade Aumentada Espacial onde um robô real colocado sobre um espaço de jogo projetado precisa coletar baterias virtuais desviando-se dos obstáculos.

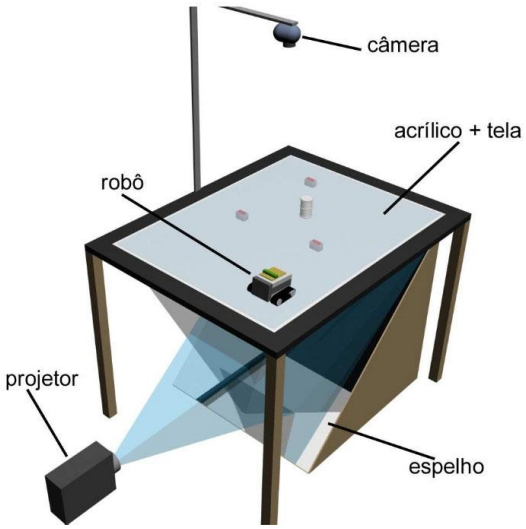

Figura 39: Robot ARena

Fonte: CALIFE, Daniel. **Robot ARena: uma infra-estrutura para o desenvolvimento de jogos com realidade aumentada espacial.** São Paulo, 2008.

CAPÍTULO II

A REALIDADE AUMENTADA NA ARTE

2.1- PRECURSORES DA REALIDADE AUMENTADA

O princípio de um sistema de Realidade Aumentada é trabalhar com a realidade/virtualidade contínua. Neste capítulo, ao tratar dos precursores da Realidade Aumentada, tentaremos resgatar os artistas que, na construção de suas poéticas visuais, tiveram princípios e propostas semelhantes de ampliar ou unir "realidades".

Entre os representantes da arte telemática cuja obra só é possível existir através da participação dos espectadores ligados em rede através da tecnologia telemática - junção dos recursos das telecomunicações e da informática (PRADO, 1997), destacaremos os artistas Kit Galloway e Sherrie Rabinowitz.

Em *Hole in Space*[49]*,* de 1980, uma obra possível através da comunicação via satélite, duas calçadas, cada qual de cidades norte-americanas diferentes e em costas opostas (Los Angeles, na costa oeste, e Nova Iorque, na costa leste), foram conectadas. Foram projetadas imagens em tamanho real numa janela de frente para a calçada da Lincoln Center de Nova Iorque e numa vitrine de uma loja de departamentos na rua Brodway de Los Angeles. As projeções estavam estrategicamente posicionadas como sendo a continuidade com o espaço real da rua. As pessoas poderiam conversar com outras de outra cidade como se elas estivessem na mesma rua. A ampliação da realidade ocorre na integração da imagem projetada com o espaço real e na abertura de comunicação entre pessoas espacialmente distantes no mesmo instante (interação em tempo real).

[49] http://www.ecafe.com/getty/HIS/

Figura 40: Hole in Space

Fonte: http://www.ecafe.com/museum/hp_gy_1987/hp_gy_1987.html

O britânico Paul Sermon[50], cujo foco artístico integra aspectos de imersão dentro dos conceitos da arte telemática, utiliza recursos da videoconferência para unir pessoas em lugares diferentes.

Na obra *Telematic Dreaming,* de 1992, uma cama é o meio onde a imagem de um parceiro localizado a milhares de quilômetros é projetada em alta definição. Nessa obra, diferente do exemplo anterior onde o espaço público foi explorado, o artista criou um ambiente de intimidade. O toque do interator sobre a imagem do parceiro na cama cria uma experiência sensorial tátil e visual.

[50] http://www.paulsermon.org/

Figura 41: Telematic Dreaming

Fonte: http://90.146.8.18/singapore_dat07/en/pictures01.asp

Sermon continua a construir ambientes privativos juntando pessoas localizadas em espaços distintos na obra *Telematic Vision,* no mesmo ano de 1990. Nela, os interatores sentam-se num sofá em frente a uma grande tela de projeção no qual vêem suas imagens em tamanho real e os interatores do outro local da instalação que parecem compartilhar do mesmo sofá através da composição das imagens dessas localidades distintas.

Figura 42: Telematic Vision

Fonte: http://www.hgb-leipzig.de/~sermon/vision/

Embora nessas duas obras de Paul Sermon, *Telematic Dreaming e Telematic Vision*, a interação em tempo real seja possível através dos recursos da telecomunicação, podemos observar uma intenção de integrar o interator na obra.

Paul Sermon e Andrea Zapp [51] realizaram em 1999 a instalação *A body of water*. Esta instalação ocupa três locações na Alemanha: uma sala de *chroma key* montada no Museu Wilhelm Lehmbruck, em Duisburg; o vestiário de mineiros numa mina desativada em Herten; e uma sala de banho adjacente. Uma câmera de vídeo captura a imagem dos visitantes na sala de *chroma key,* que é enviada para Herten. Essa imagem recebida em Herten é composta junto a imagens dos visitantes do vestiário. Essa composição final é projetada numa parede de água na sala de banho juntamente com um documentário antigo em preto e branco dos mineiros no banho. Uma câmera situada perto do projetor captura a imagem projetada e envia para os três monitores localizados no vestiário e para os três monitores situados no museu em Duisburg. Devemos destacar a água como suporte para as projeções e a poética da obra, que além de trabalhar com espaços diferentes, faz uma crítica social da situação de trabalho, com um passado que ainda estaria presente no ambiente. As várias composições sofridas pelas imagens, cada uma acrescentado elementos à outra, seria uma forma de reafirmar o passado que ainda se reflete no presente. As várias projeções e as composições de imagens ampliam a realidade ao ampliar a percepção sobre as questões temporais (passado e presente) que atuam no ambiente atual.

Figura 43: A Body of Water (sala de chroma key, vestiário, sala de banho)
Fonte: http://www.hgb-leipzig.de/~sermon/herten/descr.html

[51] http://www.andreazapp.com/

O projeto, realizado em 2005, denominado *Acaso 30*[52], de Gilbertto Prado é uma instalação interativa em lembrança da chacina de grande repercussão ocorrida no Rio de Janeiro no mesmo ano de 2005. O interator, ao pisar num tapete todo azul feito a mão pelas mulheres de presos, aciona um dispositivo que gera um evento: imagens de um corpo nu em agonia são projetadas no chão e um vento forte bate na parede frontal do interator. O artista tem clara intenção de fazer da aproximação do interator uma ação geradora de eventos. O artista utilizou como dispositivo de entrada vários 'tapetes de dança'[53] cobertos pelo tapete azul. No teto, um projetor fixado num suporte giratório projeta imagens em um dos vários espelhos fixados no teto e que projeta a imagem no chão. A intenção de fazer da aproximação do interator um disparador de eventos antecipa várias produções em Realidade Aumentada nas quais o corpo do interator serve de interface de controle de eventos digitais.

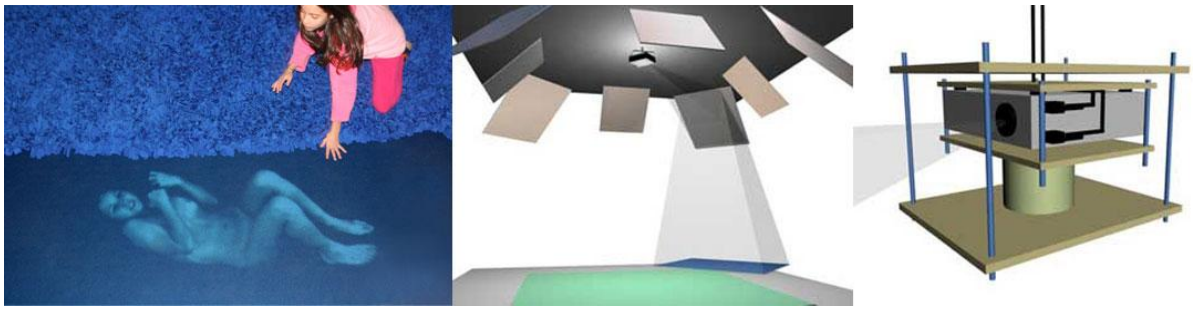

Figura 44: Acaso 30

Fonte: http://www.futura3.com.br/projetos.php?cd=38

A artista brasileira Regina Silveira[54], com uma significativa produção visual cujo foco é a exploração de perspectivas ilusionistas, realiza em 2002 a instalação intitulada *Descendo a Escada*. Utilizando-se de recursos da animação digital, vídeo e projeção, a obra convida o observador a experimentar a sensação de

[52] http://www.cap.eca.usp.br/gilbertto/

[53] Tapete de Dança: dispositivo em formato de tapete com setas direcionais desenhadas e é incluído nos videogames musicais nos quais o jogador deve pisar nas setas correspondentes mostradas na tela do jogo e que são sincronizadas com o ritmo da música, fazendo-o dançar.

[54] http://reginasilveira.uol.com.br/

vertigem do movimento de descida de uma escada virtual projetada numa estrutura de triedro espacial formada pelo chão e pelo ângulo de duas telas verticais. O áudio dos passos sobre o chão acompanha em *loop* a projeção continuada dos lances de escada. A obra antecipa a imersão do interator em espaços artificiais, porém não apresenta ainda recursos de interação que possibilitem a modificação do espaço pelas ações do interator.

Figura 45: Descendo a Escada

Fonte: http://www.itaucultural.com.br/index.cfm?cd_pagina=2841&cd_materia=1295

2.2- PROJETOS DE ARTE EM REALIDADE AUMENTADA

Nas artes visuais, o aspecto mais importante do sistema de Realidade Aumentada não seria criar obras que atendam a todos os requisitos do conceito, mas a aplicação de seus recursos na criação de poéticas visuais.

Em *Shadow Monsters*[55], de Phil Worthington, temos a adaptação de um recurso muito antigo, as “sombras chinesas”, através da tecnologia de detecção

[55] http://www.worthersoriginal.com/

de movimentos das mãos feitos em frente a uma projeção de luz. As sombras das mãos dos interatores são ampliadas em criaturas monstruosas com dentes, olhos e cabelos, acompanhadas de efeitos sonoros semelhantes a vozes de animais. O uso dos recursos de detecção de movimentos possibilita ao interator vivenciar a obra com o próprio corpo, ampliando deste modo a experiência de estar na obra e não somente observar.

Figura 46: Shadow Monsters

Fonte: http://www.worthersoriginal.com/

Em *Biophilia*[56]*,* do australiano Mark Cypher, as sombras dos interatores são distorcidas e ampliadas em ramificações orgânicas ameaçadoras que se fundem às de outras sombras. O termo biofilia se refere à necessidade dos seres vivos de se conectarem uns com os outros, mesmo entre espécies diferentes. Os recursos tecnológicos permitem a interatividade exógena (o interator e a sua sombra processada) e endógena (o *software* que permite criar as conexões entre as formas), que fazem parte do processo de construção da poética visual no conceito da obra.

[56] http://wwwmcc.murdoch.edu.au/multimedia/mark/biophil/biophil.html

Figura 47: Biophilia

Fonte: http://wwwmcc.murdoch.edu.au/multimedia/mark/biophil/biophil.html

Em *Text Rain*[57]*,* de Camille Utterback e Romy Achituv, de 1999, a silhueta do interator interage com uma chuva de letras virtuais retiradas de poemas referentes a corpo e linguagem. O interator é filmado e projetado em preto e branco e serve de anteparo para as letras coloridas. Quanto mais letras pousarem nos anteparos (imagens projetadas da cabeça ou dos braços), maior será a possibilidade de formar palavras ou frases compreensíveis. A participação do interator com a imagem do seu corpo que serve de anteparo às letras virtuais leva-o a experimentar o conceito da obra, a saber, de que a leitura de uma frase é um ato que engloba os trabalhos físico e mental.

[57] http://www.camilleutterback.com/textrain.html

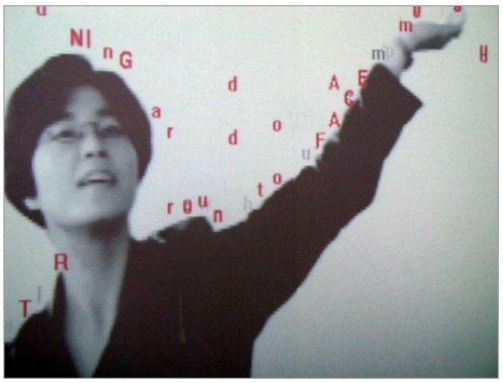

Figura 48: Text Rain

Fonte: http://www.camilleutterback.com/textrain.html

Podemos perceber nessas três obras citadas (*Shadow Monsters, Biophilia* e *Text Rain*) a incorporação do interator à obra possibilitada pelo uso de tecnologias desenvolvidas pelo sistema de Realidade Aumentada, entre elas as técnicas de rastreamento. Deste modo, o interator pode modificar o conteúdo da obra. As obras dos artistas precursores da Realidade Aumentada, como Paul Sermon, Kit Galloway e Sherrie Rabinowitz permitiam a interação entre um interator e outro distante, mas nunca com os elementos virtuais dentro do sistema.

O recurso de utilizar a voz do interator para modificar o conteúdo da obra é utilizado por alguns artistas. Exemplos de poéticas visuais construídas através do reconhecimento de áudio são *Les Pissenlits* e *Messa di Voce.*

Em *Les Pissenlits*[58] (Dentes-de-Leão), de Edmond Couchot e Michel Bret, temos um jardim virtual monocromático cujas sementes de flores de dentes-de-leão podem ser “sopradas” pelos interatores, dando-lhes movimentação cuja intensidade depende da intensidade do sopro nos microfones. A diferenciação dos ruídos das intensidades dos sopros é reconhecida e processada, resultando numa variação dos movimentos das imagens das sementes. Esse recurso possibilitou a construção da poética da obra, que envolve movimentar imagens virtuais através do ato real de soprar.

[58] http://edcouchot.tumblr.com/

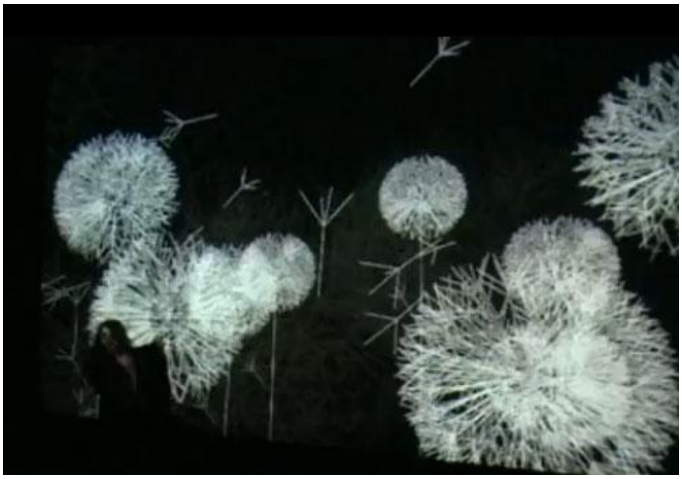

Figura 49: Les Pissenlits

Fonte: http://edcouchot.tumblr.com/

Em *Messa di Voce*[59]*,* Zachary Lieberman utilizou recursos do sistema de Realidade Aumentada para criar uma obra performática cuja poética envolve tornar a voz humana visível. Para tornar essa intenção possível, foi utilizado um *software* personalizado que integra a visão computacional em tempo real e algoritmos de análise da fala. Uma câmera de vídeo monitora a localização da cabeça dos *performers* com microfones cujo áudio captado é analisado por um *software*. Com esses dados, o computador processa as informações do áudio e da localização e projeta numa tela imagens sintetizadas que parecem surgir da boca dos *performers*.

[59] http://thesystemis.com/projects/mesa-di-voce/

Figura 50: Messa di Voce

Fonte: http://thesystemis.com/projects/mesa-di-voce/

Em *Drawn*[60], Zachary Lieberman usou recursos do sistema de Realidade Aumentada para sugerir a ideia de dar vida aos desenhos gestuais por meio de processos computacionais e manter a beleza das formas orgânicas. Uma câmera filma uma pilha de papéis nos quais os interatores podem desenhar formas orgânicas a mão livre usando um pincel e nanquim. A imagem do desenho é processada e convertida em desenhos vetoriais. O computador apaga o desenho original e sobrepõe desenhos vetoriais gerados, nos quais o interator pode, por sua vez, interferir com as mãos.

[60] http://thesystemis.com/projects/drawn/

Figura 51: Drawn

Fonte: http://thesystemis.com/projects/drawn/

O principio de acrescentar movimentos às imagens estáticas está presente também na poética da obra *Ballet Digitallique*[61]*,* de Lali Krotoszynski. A imagem estática nesse caso seria a silhueta do interator. Essa obra compõe-se de duas interfaces: uma que obtém a silhueta do visitante e outra que acrescenta a ela estruturas tridimensionais em movimento, que são registros de coreografias de dança captados anteriormente por um sistema de *motion capture*[62]. Na projeção, a silhueta do interator ganha movimentos profissionais de dança que o seu corpo a princípio não estaria habilitado a realizar. A obra não apresenta interação em tempo real, portanto, não podemos caracterizá-la como sendo de Realidade Aumentada. No entanto, na construção da poética dessa obra percebemos a apropriação dos contornos do interator, que é um recurso muito explorado pelos sistemas de Realidade Aumentada.

[61] http://balletdigitallique.wordpress.com/

[62] Motion capture, motion tracking ou mocap são termos usados para descrever o processo de gravação de movimento e traduzir esse movimento para um modelo digital.

Figura 52: Ballet Digitallique

Fonte: http://balletdigitallique.wordpress.com/

Na instalação *Skia*[63], de Andreas Muk Haider, encontramos também a apropriação dos contornos do interator (no caso, sua sombra) pelo sistema de Realidade Aumentada para a construção da obra. Em *Skia,* a sombra do interator projetada no chão ganha movimentos independentes depois de alguns instantes. Segundo o artista, esta separação representaria as múltiplas identidades do ego na pós-modernidade.

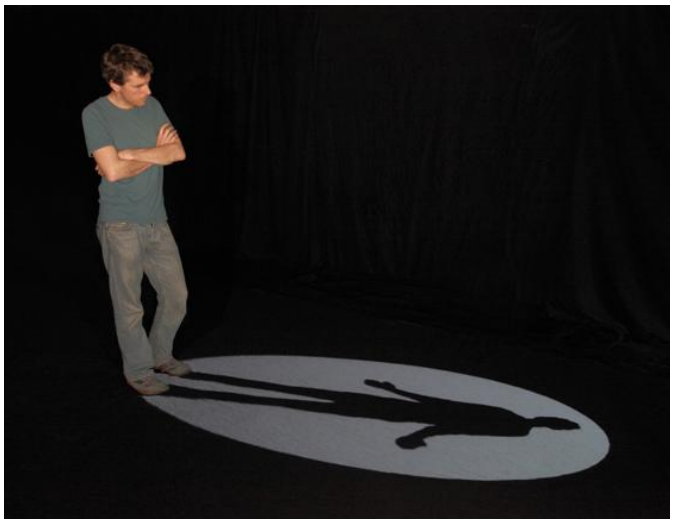

Figura 53: Skia

Fonte: http://muk.me.uk/?page_id=347

[63] http://muk.me.uk/?page_id=347

Os recursos do sistema de Realidade Aumentada são utilizados pelos artistas na criação de obras ligadas aos aspectos dos games. Como exemplos temos *LevelHead*, *Move* e *Virtual Ground*.

LevelHead[64] é um jogo de memória espacial de Julian Oliver. O jogo utiliza três cubos plásticos sólidos cujas faces têm diferentes marcadores fiduciais impressos, cada um referente a um espaço virtual composto de portas e escadas, com uma única saída para outro espaço. O interator/jogador deve movimentar o cubo para que um homem dentro desse espaço virtual consiga passar de uma sala para outra num nível de dificuldade crescente. A ação do corpo do interator permite modificar o conteúdo do espaço virtual em *LevelHead*.

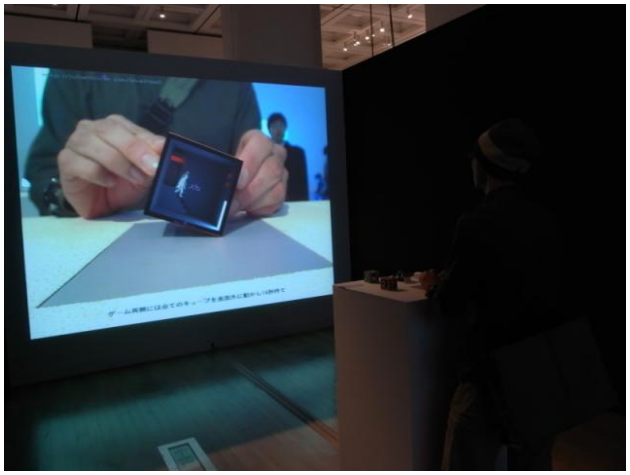

Figura 54: LevelHead

Fonte: http://ljudmila.org/~julian/levelhead/

Em *Move*[65], do norte-americano Andrew Hieronymi, uma câmera que filma em preto e branco desde o teto é conectada ao computador juntamente com um projetor, que é preso ao teto e tem à frente um espelho preso num ângulo de 45 graus. Assim, a imagem é refletida no espelho e projetada no chão num ângulo de 90 graus. Uma luz infravermelha do teto filtra a luz do projetor, e deste modo, a

[64] http://ljudmila.org/~julian/levelhead/

[65] http://www.ahieronymi.net/works/move.html

câmera não capta a imagem projetada, mas somente a imagem do interator. Um software compara a imagem tirada sem ninguém na instalação e outra com o interator. A diferença de cor é assumida pelo software como sendo as dimensões do corpo do interator e o cálculo da colisão do interator com os elementos da projeção é realizado. A instalação interativa é dividida em seis módulos distintos: JUMP, AVOID, CHASE, THROW, HIDE e COLLECT. Cada módulo oferece uma modalidade de interação com um único interator, baseada em um verbo correspondente à ação que ele é convidado a executar.

Figura 55: Move

Fonte: http://www.ahieronymi.net/works/move.html

Em *Virtual Ground*[66], Andrew Hieronymi possibilita a participação de mais interatores/jogadores. Estes são conectados por linhas e devem controlar uma partícula no intuito de iluminar os espaços quadriculados projetados no chão.

[66] http://www.ahieronymi.net/works/virtualground.html

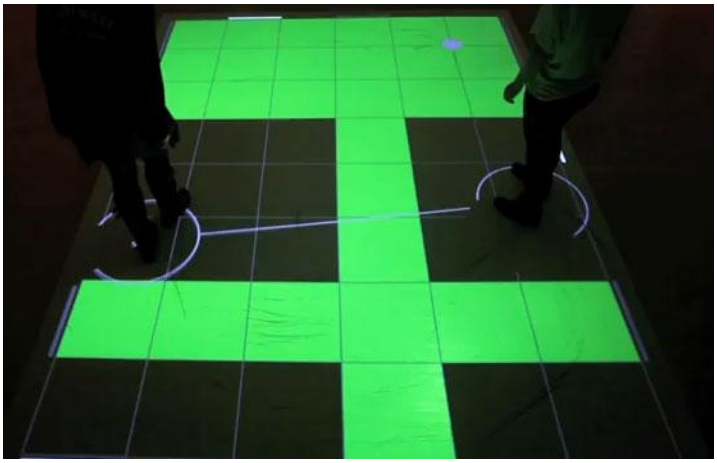

Figura 56: Virtual Ground

Fonte: http://www.ahieronymi.net/works/virtualground.html

Os recursos do sistema de Realidade Aumentada como os de reconhecimento de objetos no espaço possibilitam ao interator participar do jogo com o corpo todo. E, nas duas obras de Andrew Hieronymi, a projeção do jogo no espaço da exposição libera o jogador de focar o olhar no espaço restrito de um monitor. Na obra *Descendo a Escada*, de Regina Silveira, a projeção no espaço não permite a interação do visitante, que precisa se adaptar ao espaço projetado e não o contrário, como acontece quando do emprego de recursos da Realidade Aumentada.

Como em *LevelHead,* outras obras utilizam cubos como interfaces tangíveis para interação como *masca(RA)s* e *Augmented Shadow.*

O projeto *masca(RA)s*[67]*,* de Aline Antunes, se utiliza do sistema de Realidade Aumentada para recontar de maneira interativa a história do triângulo amoroso dos personagens carnavalescos Arlequim, Pierrot e Colombina. Ao movimentar um cubo com marcadores fiduciais, o interator determina a sequência das cenas e desta forma interfere no final da história. O sistema de Realidade Aumentada torna o ato de recontar uma história semelhante a um jogo de dados no qual o acaso faz parte do resultado.

[67] http://www.alineantunes.com.br/mascaras/

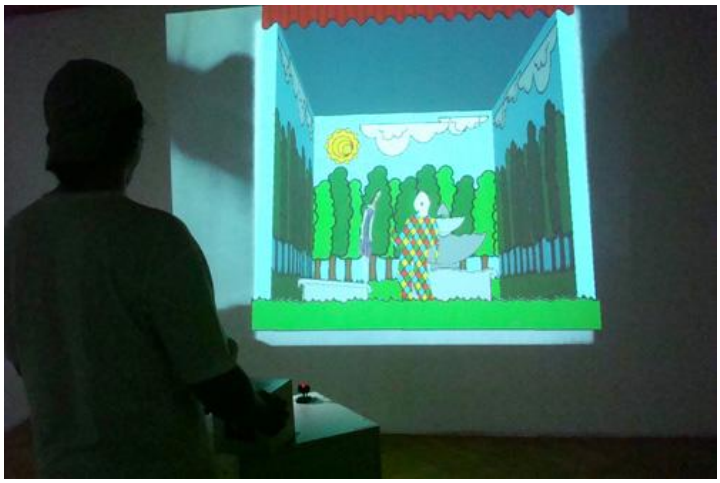

Figura 57: masca(RA)s

Fonte: http://www.alineantunes.com.br/mascaras/

Em *Augmented Shadow*[68], Joon Y. Moon criou um ecossistema de sombras projetadas que pode ser modificado pelos interatores. Cubos com marcadores fiduciais representam as projeções de casas que constantemente precisam ser “alimentadas” por luz. Um cubo transparente representa a fonte de luz que atrai criaturas residentes nessas casas. Quando conseguem chegar à fonte de luz, essas criaturas levam uma parte dessa fonte às suas casas, que ficam iluminadas. O sistema de Realidade Aumentada permite ao interator literalmente “mexer” no ecossistema através de cubos tangíveis.

[68] http://joonmoon.net/

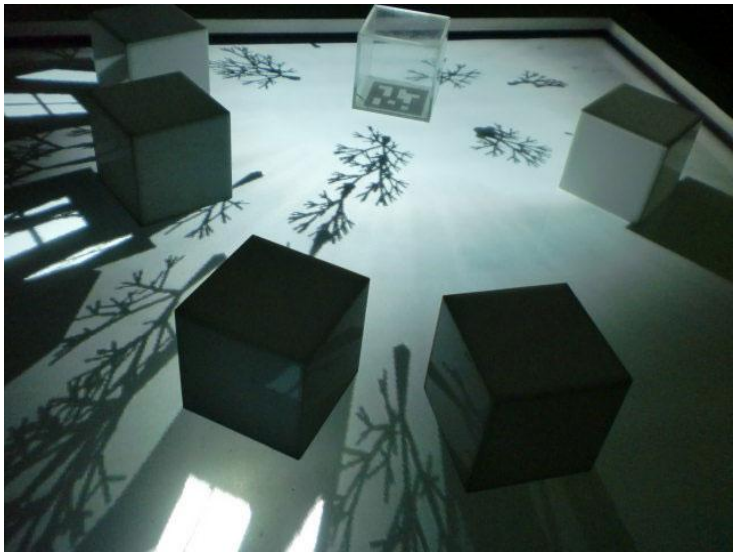

Figura 58: Augmented Shadow

O sistema de Realidade Aumentada está também presente nos trabalhos que unem pessoas em espaços distantes.

Em *Can you see me now?*[69]*,* temos um jogo de pega-pega entre dois grupos de jogadores, um virtual e outro real. O grupo que está nas ruas reais perseguem seres invisiveis que são os avatares dos jogadores online de qualquer outra localização espacial que caminham na reprodução tridimensional desse espaço real de jogo. Quando o jogador real alcança um jogador online, este está fora do jogo e uma foto do local onde foi encontrado é tirada e enviada. Os jogadores reais contam com vários equipamentos: o GPS serve para localização, o celular para tirar a foto do local onde a pessoa online foi encontrada e o rádio para a comunicação entre outros jogadores reais e online.

[69] http://www.canyouseemenow.co.uk/tate/en/intro.php

Figura 59: Can you see me now?

Fonte: http://www.blasttheory.co.uk/bt/work_cysmn.html

Em *Redes Vestíveis*[70], Claudio Bueno cria uma performance coletiva baseada numa rede virtual elástica. Interatores vêem na tela de seus aparelhos celulares a teia que se forma devido às suas localizações geográficas. Se um dos interatores se movimentar, outros precisam se deslocar no intuito de não romper esta teia. Se um deles for mais longe poderá se desconectar e ficar fora do trabalho.

[70] http://buenozdiaz.net/redesvestiveis.html

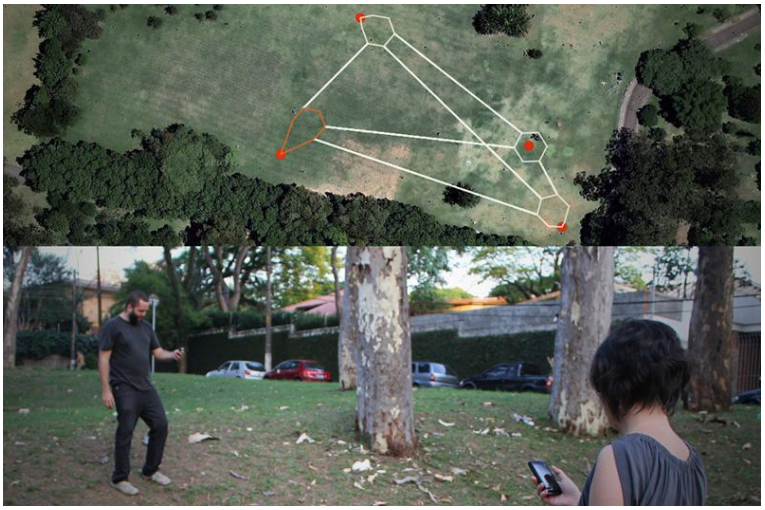

Figura 60: Redes Vestíveis

Fonte: http://buenozdiaz.net/redesvestiveis.html

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação *A Realidade Aumentada: desafios técnicos e algumas aplicações em jogos e nas artes visuais* apresentou na primeira parte um levantamento contextual do surgimento do sistema de Realidade Aumentada, seus requisitos, parâmetros e desafios técnicos sob o ponto de vista das ciências exatas. A visão computacional é uma área de pesquisa de grande importância no desenvolvimento de soluções aos desafios apresentados pelos sistemas de Realidade Aumentada, e é também ambiente para reflexão de princípios gerais como a realidade/virtualidade contínua e o alinhamento dos elementos reais e virtuais.

A motivação para encontrar soluções para seus desafios deve-se em parte à ampla variedade de áreas de aplicação do sistema de Realidade Aumentada, indo desde a área médica até a militar e com potencialidades de utilização na educação e diversas áreas do entretenimento e da produção cultural. Podemos perceber o crescente interesse na indústria dos jogos eletrônicos, o que possibilitou a projeção de interfaces nas quais o controle dos elementos virtuais se dá através do próprio corpo do jogador como nos jogos com o sensor kinect (pg.27).

Nas Artes Visuais, percebemos que os recursos do sistema de Realidade Aumentada possibilitam aos artistas elaborar propostas para incorporar o interator às obras. Esta incorporação gera a sensação de “se estar nas” obras e não apenas a de se ver as obras. Além disso, através, por exemplo, dos trabalhos de Phil Worthington e Mark Cypher (pg.70 e pg.71), percebemos que os recursos do sistema de Realidade Aumentada permitem criar poéticas que trabalham com as extensões do corpo: as sombras dos interatores podem ser ampliadas em figuras significativas nos trabalhos destes artistas, por exemplo.

Nos trabalhos de Andrew Hieronymi (pg.78), o interator/jogador participa diretamente no jogo com seu corpo e interage com os objetos virtuais projetados no espaço, a partir da criação de novos modelos de interação.

A geração de novas interfaces pode ser verificada também em trabalhos que utilizam o reconhecimento da voz como disparador de ações. Artistas como Edmond Couchot e Zachary Lieberman (pg.73 e pg.74) utilizam os recursos dos captadores de áudio pra criar poéticas capazes de criar novas relações entre som e imagem. Em decorrência, podemos considerar que em Realidade Aumentada o foco da interação é transformado e já não possui uma localização única, englobando inteiramente o ambiente como um todo, envolvendo todo o espaço e os objetos circunstantes.

Se nas obras dos precursores, como os representantes da Arte Telemática Kit Galloway, Sherrie Rabinowitz e Paul Sermon (páginas 65 e 66), a interação que modificava a obra ocorria por meio da comunicação possível entre interatores localizados em espaços geográficos distantes; nas obras que utilizam recursos da Realidade Aumentada atuais, a modificação ocorre através da interação entre os indivíduos e o próprio sistema da obra, sendo que os interatores podem também estar posicionados em locais geográficos distintos, ou não. O trabalho de Claudio Bueno (pg.82) é um exemplo de interação dessa natureza, onde a movimentação dos interatores modifica a rede virtual que, por sua vez, interfere na movimentação dos interatores.

Notamos, portanto, que o sistema de Realidade Aumentada não somente possibilita ampliar o “ambiente real” com objetos virtuais – no sentido de representação - como também ampliar a participação do interator na obra de arte, sendo capaz de gerar novas proposições poéticas e conceituais. Assim, modos de interação, desenvolvimento de interfaces e dispositivos, e a realidade/virtualidade contínua através do alinhamento dos elementos reais e virtuais renovam questões e desafiam os artistas e seus processos criativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, Aline Carelli Salgado. **Masca(RA)s. 2009.** 148 pp. Trabalho de conclusão de curso em artes plásticas, bacharelado em Multimidia e Intermídia, Escola de Comunicações e Artes da USP, São Paulo, 2009.

AZUMA, R.T. **A Survey of Augmented Reality**. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Chapel Hill, vol. 6. pp 355-385, 1997.

AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE. B. **Recent Advances in Augmented Reality**. In: *IEEE Computer Graphics and Applications* . Los Alamitos (CA), v. 21, n. 6, Nov/Dez 2001.

BERNARDES JR, João Luiz. **Jogos em Realidade Aumentada**. 2006. 45 pp. Dissertação apresentada na disciplina PCS 5008: Realidade Aumentada Conceitos, Tecnologias e Aplicações, do curso de engenharia elétrica, Escola Politécnica/USP, São Paulo, 2006.

BETTOCCHI, Eliane. **Incorporais RPG: Design poético para um jogo de representação.** In: *P&D DESIGN 2008. Anais do P&D Design 2008*. São Paulo. Centro Universitário Senac, 2008.

BILLINGHURST, M; GRASSET, R; LOOSER, J. **Designing Augmented Reality Interfaces**. In: ACM SIGGRAPH Computer Graphics - Learning through computer-generated visualization. Nova York, Volume 39 n. 1, pp. 17-22, Fevereiro, 2005.

BUENO, Claudio. **Concepções de espaço: do Renascimento às Realidades Mistas**. In: *Revista eletrônica Arte.mov*. São Paulo. 2007. Disponível em: <http://www.artemov.net/page4/revistas.php?edition=13&article=48>. Acesso em 20/07/2011.

CALIFE, Daniel. **Robot Arena: uma infra-estrutura para o desenvolvimento de jogos com realidade aumentada espacial**. 2008. 110 pp. Dissertação (Mestrado

em engenharia elétrica, departamento de computação e sistemas digitais), Escola Politecnica da USP, São Paulo, 2008.

CAMPOS, Pedro. **Interação Homem-Máquina: Interfaces Tangíveis e Realidade Aumentada**. Disponível em: <http://cee.uma.pt/edu/ihm/slides/IHM12%20-%20Interfaces%20Tang%C3%ADveis%20e%20Realidade%20Aumentada.pdf>. Acesso em 15/06/2011.

CAUDEL, Tom; BARFIELD, Woodrow. **Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2001

CONTI, Caroline. **Rastreamento de movimentos da mão humana usando Visão Computacional.** 2010. 112 pp. Trabalho de conclusão de curso de engenharia elétrica com enfase em eletrônica apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos. 2010.

Couchot, Edmond. **A segunda interatividade. Em direção a novas práticas artísticas**. in Domingues, D. (org). *Arte e vida no séc XXI*. São Paulo: UNESP, 2003, p. 27-38.

_____. **Mercado de arte não está pronto para era digital, diz especialista.** [18 de julho, 2006]. São Paulo: *Folha de São Paulo*. Entrevista concedida a Adriana Ferreira Silva.

FREITAS, Márcia R.; RUSCHEL, Regina C. **Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura**. *Arquiteturarevista.* São Leopoldo, v. 6, n° 2, pp. 127-135, jul/dez. 2010.

GIANNETTI, Claudia. **Éstetica Digital - sintopia del arte, la ciencia y la tecnologia.** Barcelona: Ed. Associó de Cultura Contemporanea L' Angelot, 2002. 221 pp.

HANNS, Daniela K. **Estratégias de Imersão: O corpo como Interface**. in: TORI, R., KIRNER, C. *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre, SBC, 2006 (pp. 284-287).

HUIZINGA, Johan (s.d.). **Homo Ludens**. Tradução de João Paulo Monteiro. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000. 243 pp.

ISHII, H.; ULLMER, B. **Tangible bits: towards seamless interfaces between people**. In: *Bits and Atoms, in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems*. Atlanta, ACM Press, pp 234-241, Março, 1997.

ISHII, H.; ULLMER, B. **Emerging frameworks for tangible user interfaces**. In: IBM Systems Journal. Yorktown Heights (NY), v. 39, nºs 3-4, 2000.

JACOBSON, Linda. **Realidade virtual em casa**. Tradução de PIRES, S.B.C Rio de Janeiro: Berkeley Press, 1994. 446 pp.

KIRNER, Claudio; TORI, Romero. **Realidade Virtual: Conceitos e Tendências**. São Paulo: Mania de Livro, 2004. 422 pp.

KRUEGER, Myron. **Myron Krueger Live: Myron Krueger.** In: *Conversation with Jeremy Turner. Life in the Wires: The Ctheory Reader*. Canada: New World Perspectives/Ctheory Books, p. 377-383, 2004.

LAURENTIZ, Silvia. **A Cibernética na Arte – da teoria às experimentações artísticas**. In: *Upgrade! São Paulo - um nó do "Upgrade!International"* – Cibernética na arte: da teoria às experimentações artísticas, curadoria Martha C. Gabriel. São Paulo, 2007.

_____. **Imagem e (I)materialidade**. Disponível em: <http://www.cap.eca.usp.br/slaurentz/text/Imagem_Imaterialidade.pdf>. Acessado em 15/07/2011.

_____. Verbete Game art in : http://www.cibercultura.org.br/tikiwiki/tiki-index.php?page=game+art. Acessado em 18/11/2011.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999. 264 pp.

_____ . **O que é virtual?** Tradução de Paulo Neves. São Paulo: Editora 34, 1996. 160 pp.

LEÃO, Lúcia . **Da ciberarte à gamearte [ou da cibercultura à gamecultura]**. Disponível em: <http://www.lucialeao.pro.br/PDFs/DaCiberarteAGamearte.pdf>. Acessado em 15/07/2011.

MACHADO, Arlindo. **Regimes de Imersão e Modos de Agenciamento**. Regimes de Imersão e Modos de Agenciamento. In: Maria Beatriz de Medeiros. (Org.). *A Arte Pesquisa*. Brasília: Universidade de Brasilía, v. 1, pp. 173-181. 2003.

MACHADO, Liliane dos Santos. **Conceitos Básicos da Realidade Virtual**. São José dos Campos: INPE, 1995. 53 pp.

MARSHALL, Dave. **What is Multimedia?**. 2001. Disponível em: <http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Multimedia/node10.html>. Acessado em 15/07/2011.

MILGRAM, P. et. al. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum.** In: *Telemanipulator and Telepresence Technologies*. Boston, SPIE, V.2351, pp. 282-292, Outubro, 1994.

MURRAY, Janet. **Hamlet no Holodeck: o futuro da narrativa no ciberespaço.** Tradução de Elisa Khoury Daher e Marcelo Fernandez Cuzziol. São Paulo: Editora Unesp, 2003. 282pp.

PARENTE, André. **O Virtual e o Hipertextual: A rede como paradigma da contemporaneidade**. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/19455767/O-Virtual-e-O-Hirpertextual-Andre-Parente>. Acessado em 15/07/2011.

PEARCE, Celia. **Games AS art: The Aesthetics of Play**. 2006. Disponível em: <http://www.intermass.com/files/pearce.pdf>. Acessado em 15/07/2011.

PHILLIPS , Andrea . **Games in AR: Types and Technologies. ISMAR 2009** In: 2009 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Arts Media and Humanities (2009). Orlando (FL), Ieee, pp. 9-10, 2009.

PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. **Virtual Reality – through the new looking glass**. 2ª edição. Nova York: McGraw-Hill, 1995. 438 pp.

PINHANEZ, Cláudio. **Interfaces não convencionais**. In: TORI, R., KIRNER, C. *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre, SBC, pp.173-198, 2006.

PLAZA, Julio. **Arte e interatividade: autor-obra-recepção**. In: *REVISTA ARS*, n° 2, ano 1. São Paulo, Departamento de Artes Plásticas da ECA/USP, 2003. p. 09-29. Disponível em: <http://www.cap.eca.usp.br/ars2/arteeinteratividade.pdf>. Acessado em 15/07/2011.

PRADO, Gilberto. **Arte Telemática: dos intercambios vituais aos ambientes virtuais multiusuário**. São Paulo: Itaú Cultural, 2003. 132 pp.

_____. **Dispositivos Interativos: Imagens em Redes Telemáticas.** In: *A Arte no Século XXI: A Humanização das Tecnologias* (coord. Diana Domingues). São Paulo, Editora da Unesp, pp. 295 - 302, 1997.

RASKAR, Ramesh ; BIMBER, Oliver. **Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds.** Wellesley: AK Peters, Ltd, 2005. 392 pp.

RIZZO, Mariana V. **Projeção de Vídeo no Ambiente Urbano: a cidade como tela**. São Paulo: Unesp Instituto de Artes , 2010. 67 pp.

ROCHA, CLeomar; ROCHA, Márcio. **Realidades, imagens e virtualidade - Terminologia taxonômica baseada na experiência do usuário.** In: *REVISTA #9.ART*, organizadora Suzete Venturelli, Brasilia, 2010. p. 106-110. Disponível em: <www.fav.ufg.br/9art/nono_art.pdf>. Acessado em 15/07/2011.

ROSS, Christine (2005), **New Media Arts Hybridity: The Vases (Dis)communicants Between Art, Affective Science and AR Technology**. In: *Convergence*_Convergence: **The International Journal of Research** into **New Media** Technologies. Londres, v. 11, pp. 32 – 42, 2005.

SILVA, Fabrício Lopes. **Jogo de Webcam em Flah com suporte multiplayer**. 2009**.** 55 pp. Dissertação (Mestrado em ciência da computação), Universidade do Vale do Itajai /Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Itajái. 2009.

SILVA, Marco. **O que é interatividade.** Disponível em: <http://www.senac.br/BTS/242/boltec242d.htm>. Acesso em 25/07/2011.

TAVARES, Adonis; GABRIEL, João; TAVEIROS, Silvia. **Markless Reality Augmented (MAR)**. 2009. Acessível em: www.cin.ufpe.br/~ats/mídias/apresentacao_Midia.ppt. Acesso em 18/11/2011

TORI, Romero. **Realidade Aumentada na Educação**. 2010. Disponível em: <http://romerotori.blogspot.com/2010/05/realidade-aumentada-na-educacao.html> Acessado em 22/07/2011.

TORI, Romero et al. **Augmented Reality Games.** In: *Extending Experiences: Structure, analysis and design of computer game player experience*. Rovaniemi, Lapland University Press, v.1, pp. 228-246, 2008.

TORI, Romero; KIRNER, Claúdio; SISCOUTO, Robson. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006, 422 p.

TEICHRIEB, Veronica; SIMÕES, Francisco. **Realidade Virtual e Aumentada. RA: Rastreamento, Calibração e Registro**. Recife, 2010. Disponível em http://cin.ufpe.br/~in1123/aulas/Aula_4_rastreamento_registro.pptx. Acesso em 18/11/2011.

VALLINO,James R. **Interactive augmented Reality**.1998. Disponível em: <http://www.se.rit.edu/~jrv/publications/VallinoThesis.pdf> Acessado em 22/07/2011.

VÁZQUEZ, Sonia. **Jogos em Ambientes Pervasivos**. 2009. 82 pp. Dissertação (Mestrado em ciência da computação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Informática. Porto Alegre, 2009.

VAUGHAN, Tay. **Multimídia na prática**. Tradução de Elaine A. Andrade Pezzoli. São Paulo: Makron Books, 1994. 474 p.

VENTURELLI, Suzete. **A Estética da relação , da troca e da interação humano computador; arte e jogo em rede.** In: *Encontro Internecional de Arte e Tecnologia: interseções entre arte e pesquisas tecno-científicas, 2007, Brasília*. Brasilia : Editora do programa de pós-graduação do mestrado em arte da Universidade de Brasília, v. 1, 2007.

VENTURELLI, Suzete; DOMINGUES, Diana. **Cibercomunicação cíbrida no Continuum virtualidade aumentada e realidade aumentada**. **In:** ARS. São Paulo, v.5, n.10, 2007.

VIEIRA, Beatriz Nogueira Siqueira; THEODORO, Camila; TRIAS, Lucas Padovani; MIRANDA, Fábio Roberto de; TORI, Romero. **ARHockey: um jogo em realidade aumentada baseada em projetores**. In: *WORKSHOP EM REALIDADE AUMENTADA*. Rio de Janeiro, WRA 2006: Anais, pp.1-8, 2006.