

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

DANIEL CAPRIOLI FRANCESCHI

**INTERAÇÃO E IMERSÃO NA REALIDADE AUMENTADA:
ESTUDO DE CASO APLICADO A JOGOS DE MESA**

CRICIÚMA

2012

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

DANIEL CAPRIOLI FRANCESCHI

INTERAÇÃO E IMERSÃO NA REALIDADE AUMENTADA:
ESTUDO DE CASO APLICADO A JOGOS DE MESA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof^a. MSc. Leila Laís Gonçalves

CRICIÚMA

2012

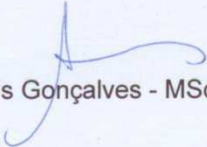
DANIEL CAPRIOLI FRANCESCHI


**INTERAÇÃO E IMERSÃO NA REALIDADE AUMENTADA:
ESTUDO DE CASO APLICADO A JOGOS DE MESA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Interação Humano-Computador e Realidade Aumentada.

Criciúma, 28 de novembro de 2012.

BANCA EXAMINADORA


Profa. Leila Laís Gonçalves - MSc - (UNESC) - Orientador


Profa. Ana Cláudia Garcia Barbosa - MSc - (UNESC)


Prof. Evânio Ramos Nicoleit - MEng - (UNESC)

RESUMO

A interação homem/máquina é parte inerente ao uso de dispositivos que necessitam de comunicação com o usuário. A Interação Homem-Computador é uma área multidisciplinar da Ciência da Computação que estuda as interações, suas características e paradigmas. Dentre os paradigmas de interação, encontra-se a realidade aumentada em que a interação usuário e computador acontece por meio de objetos virtuais e reais e sua manipulação combinada visa proporcionar uma experiência interativa e imersiva sensorial ampliada. A aplicação de realidade aumentada tem se expandido e difundido em diferentes áreas, em especial em jogos digitais. Nesse contexto esta pesquisa teve como objetivo avaliar a interação e imersão dentro do ambiente da realidade aumentada. Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico dos principais conceitos, entre eles: interação humano-computador; métodos e técnicas de avaliação de interação; métodos e técnicas para coleta de dados; realidade virtual, mista e aumentada; e softwares e bibliotecas para desenvolvimento de sistemas de realidade aumentada. A partir do estudo teórico, foi efetuada a avaliação da imersão e interação com um estudo de caso aplicado em um jogo de cartas colecionáveis, no qual foram comparadas as experiências de uso em três ambientes diferentes com o usuário final: real; virtual; e com realidade aumentada. O *framework* que orientou o roteiro de avaliação foi o DECIDE e foram utilizados três métodos para coleta dos dados: observação dos usuários; testes com tarefas; e questionários. A coleta e análise de dados (quantitativos e qualitativos) levaram em consideração as características de imersão e interação dos ambientes, como as questões de tato e força, os aspectos visuais e sonoros, tempo, número de passos e de erros durante a execução de determinada tarefa e a satisfação subjetiva dos usuários. A partir das características específicas dos ambientes testados, foi possível concluir que a realidade aumentada, no que se refere à interação e imersão, consegue unir as qualidades positivas do ambiente virtual e real, fazendo com que a interação seja feita de uma maneira natural, como no ambiente real, e sem perder os aspectos visuais e auditivos como no ambiente virtual, mostrando ter uma perspectiva para o futuro.

Palavras-Chave: Interação Humano-Computador; Realidade Aumentada; Imersão Sensorial; Avaliação de interfaces interativas.

ABSTRACT

The interaction of man / machine is inherent to the use of devices that need to communicate with the user. The Human-Computer Interaction is a multidisciplinary area of computer science that studies the interactions, characteristics and paradigms. Among the interaction paradigms, is augmented reality in which the computer and user interaction happens through real and virtual objects and their manipulation combined aims to provide an interactive and immersive sensory experience enlarged. The augmented reality has expanded and spread in different areas, especially in digital games. In this context, this study aimed to evaluate the interaction and immersion within the environment of augmented reality. Initially we conducted a literature review of key concepts, including: human-computer interaction, methods and evaluation techniques of interaction, methods and techniques for data collection, virtual reality, augmented and mixed, and libraries for software and systems development augmented reality. From the theoretical study was conducted to evaluate the immersion and interaction with a case study applied to a collectible card game, in which we compared the experiences of use in three different environments with the end user: real, virtual, and augmented reality. The framework that guided the evaluation script was DECIDES and three methods were used for data collection: observation of users, testing tasks, and questionnaires. The data collection and analysis (quantitative and qualitative) took into account the characteristics of immersion and interaction environments, such as questions of tact and strength, visual and audio aspects, time, number of steps and errors during execution of certain task and the subjective satisfaction of the users. Based on the specific characteristics of the environments tested, it was concluded that the augmented reality with regard to interaction and immersion, can unite the positive qualities of real and virtual environment, making the interaction is done in a natural way, as in the real environment, and without losing the visual and auditory aspects as in the virtual environment, showing an insight into the future.

Keywords: Human-Computer Interaction, Augmented Reality; Sensory Immersion; Evaluation of interactive interfaces.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O processo de interação humano-computador	14
Figura 2 – Modelos mentais	17
Figura 3 – Exemplo de <i>affordance</i>	19
Figura 4 – Prompt de comando.....	20
Figura 5 – Exemplo de interface GUI	21
Figura 6 – Camiseta que detecta rede sem fio.....	22
Figura 7 – Grau de imersão computacional.....	23
Figura 8 – Constância.....	24
Figura 9 – Acréscimo	24
Figura 10 – Mediação.....	24
Figura 11 – Exemplo de computação vestível.....	25
Figura 12 – Relação entre disciplinas acadêmicas, práticas de design e campos interdisciplinares que se preocupam com o design de interação	27
Figura 13 – Atividades básicas do projeto de interação com o usuário	28
Figura 14 – Necessidade e requisito	29
Figura 15 – Macro modelo de atividades do processo de engenharia de requisitos.....	29
Figura 16 – <i>Feedback</i> ou retorno.....	31
Figura 17 – Teclados de caixa eletrônico com organização diferente.....	32
Figura 18 – <i>Head-mounted display</i> desenvolvido por Ivan Sutherland	40
Figura 19 – Cartaz de divulgação do sensorama	41
Figura 20 – RV imersiva com capacete.....	42
Figura 21 – RV não imersiva com monitor	42
Figura 22 – Realidade e virtualidade contínuas.....	43
Figura 23 – Evolução da transição do real para o virtual, em função do tempo e da tecnologia a presença do computador	44

Figura 24 – Manipulação dos objetos virtuais.....	45
Figura 25 – Diagrama de funcionamento e exemplo do sistema de visao ótica direta.....	46
Figura 26 – Diagrama e exemplo do sistema de visão direta por vídeo.....	47
Figura 27 – Diagrama e exemplo do sistema de visão por vídeo, baseado em monitor.....	48
Figura 28 – Exemplo de sistema de visao ótica por projeção	48
Figura 29 – <i>Virtual retinal display</i>	49
Figura 30 – Hardware básico de realidade aumentada	50
Figura 31 – Fluxo do processo de realidade aumentada.....	50
Figura 32 – Exemplo de interação espacial	51
Figura 33 – Exemplo de interação baseada em comandos	52
Figura 34 – Exemplo de interação por controle virtual.....	52
Figura 35 – Exemplo de interação por controle físico.....	53
Figura 36 – Fluxo de processo do ARToolKit	58
Figura 37 – Ilustração do funcionamento da ARToolKit.....	58
Figura 38 – Sistema <i>Magic Mirror</i>	59
Figura 39 – Aplicação com DART.....	60
Figura 40 – Aplicativo desenvolvido com OSGART.....	61
Figura 41 – Tarefa 1, tempo decorrido até o início da leitura	74
Figura 42 – Tarefa 1, número de ações/passos para o início da leitura.....	74
Figura 43 – Tarefa 2, número de satisfações	75
Figura 44 – Tarefa 4, número de satisfações	76
Figura 45 – Comparativo do questionário de avaliação dos usuários, aspectos positivos	78
Figura 46 – Comparativo do questionário de avaliação dos usuários, aspectos negativos	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Gerações de computadores com o hardware que as suportam	16
Quadro 2 – Características dos perfis de usuários do teste.....	69
Quadro 3 – Frequência de uso do computador	71
Quadro 4 – Frequência de uso do computador para jogar	71
Quadro 5 – Nível de conhecimento em informática.....	71
Quadro 6 – Experiência em jogos de cartas colecionáveis.....	72
Quadro 7 – Frequência de uso em jogos de cartas colecionáveis.....	72
Quadro 8 – Nível de conhecimento em jogos de cartas colecionáveis.....	72
Quadro 9 – Nível de familiaridade com a língua inglesa	72
Quadro 10 – Divisão dos usuários em perfis, baseado no nível de experiência e conhecimento	73
Quadro 11 – Resultado do questionário de avaliação dos usuários.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARToolKit	<i>Augmented Reality Toolkit</i>
CPU	Unidade Central de Processamento
DART	<i>Designer Augmented Reality Toolkit</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GUI	<i>Graphic User Interface</i>
IHC	Interação humano computador
RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Mista
RV	Realidade Virtual
WIMP	Janela, ícone, menu e ponteiro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS GERAIS.....	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
2 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR	14
2.1 IHC: INTERAÇÃO	14
2.2 IHC: INTERFACE	15
2.3 IHC: AFFORDANCE, METÁFORA, MODELO MENTAL E CONCEITUAL	17
2.4 IHC: PARADIGMAS DE INTERAÇÃO	20
2.5 IHC: PARADIGMAS DE INTERAÇÃO PÓS-WIMP	22
2.6 PROJETO DE INTERAÇÃO.....	27
2.7 AVALIAÇÃO DE INTERAÇÃO	34
2.7.1 Métodos e técnicas de avaliação de interação	36
2.7.1.1 Métodos de avaliação empíricos	37
2.7.2 Métodos e técnicas para coleta e análise de dados	38
2.7.3 Framework de avaliação	40
3 REALIDADE VIRTUAL, MISTA E AUMENTADA	41
3.1 REALIDADE VIRTUAL.....	41
3.2 REALIDADE MISTA.....	44
3.3 REALIDADE AUMENTADA.....	45
3.4 ARQUITETURA, TECNOLOGIAS E TÉCNICAS DE REALIDADE AUMENTADA	46
3.5 INTERAÇÃO E IMERSÃO EM REALIDADE AUMENTADA.....	52
3.6 RASTREAMENTO E REGISTRO DE OBJETOS EM REALIDADE AUMENTADA	56
3.7 SOFTWARES E BIBLIOTECAS PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA.....	58
3.7.1 ARToolKit	58
3.7.2 ARTag	60

3.7.3 DART	60
3.7.4 OSGART	61
4 TRABALHOS CORRELATOS.....	63
4.1 IMPLANTANDO A RA EM INSTRUÇÕES DE USO SOBRE UM NOVO PRODUTO	63
4.2 COLOSSUS ARENA: PROTÓTIPO DE GAME USANDO RA	63
4.3 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA.....	64
5 AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO E IMERSÃO NA REALIDADE AUMENTADA.....	66
5.1 METODOLOGIA.....	66
5.1.1 Levantamento bibliográfico.....	67
5.1.2 Estudo de caso.....	67
5.1.2.1 Metodologia de avaliação.....	67
5.1.2.2 Ambiente de teste	68
5.1.2.3 Perfil dos usuários	70
5.1.2.4 Descrição do roteiro de teste	70
5.1.2.5 Materiais de teste	71
5.1.2.6 Resultados obtidos.....	72
6 CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS.....	84
APÊNDICE(S).....	89
APÊNDICE A – INSTRUÇÕES AO PARTICIPANTE	90
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERFIL.....	91
APÊNDICE C – LISTA DE TAREFAS	93
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	95
APÊNDICE E – FOLHA DO AVALIADOR.....	98
APÊNDICE F – RESULTADO DO QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERFIL	100
APÊNDICE G – RESULTADO DAS TAREFAS REALIZADAS	102
APÊNDICE H – ARTIGO	106

1 INTRODUÇÃO

Desde a criação das primeiras interfaces computacionais, houve a preocupação de como o ser humano iria interagir com essas interfaces. Neste sentido, de intermediar a comunicação entre homem e máquina, a Interação Humano-Computador (IHC) surgiu. Por ser uma área de estudo multidisciplinar, desenvolveu-se e está presente na vida e cotidiano das pessoas.

Uma das áreas em que a IHC está presente é a computação tangível ou *bits* tangíveis, cujos aspectos são a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Mista (RM). A RV leva o usuário a um ambiente tridimensional, totalmente criado por computador, simulando diversas experiências sensoriais com ajuda de equipamentos e tecnologias.

A RM ou realidade misturada é a combinação dos dois mundos, o real e o virtual, e é subdividida em duas partes, virtualidade aumentada e Realidade Aumentada (RA). A virtualidade aumentada consiste em um ambiente em que a maior parte dos objetos ou do cenário vem do mundo virtual, enquanto a menor parte vem do mundo real. Ao revés, na RA a maior parte vem do real.

A RA, objeto do presente estudo, está em desenvolvimento constante, sendo usada em diversas áreas de estudo, desde a medicina a sistemas de marketing. O fascínio empregado pela RA, misturando o mundo virtual ao mundo real, é uma forte característica tendente a chamar a atenção do usuário, fazendo com que seja também utilizada no entretenimento de jogos digitais.

Tendo em vista esses aspectos, esta pesquisa avaliou a interação e imersão na RA com os usuários finais, utilizando um estudo de caso aplicado a jogos de mesa, mais especificadamente, um jogo de cartas colecionáveis, comparando-se três tipos diferentes de ambientes de testes, o real, virtual e RA, mediante diversas técnicas e métodos de análise em interfaces interativas.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho tem como objetivo avaliar a interação e a imersão de usuários em um ambiente de RA aplicada em um jogo de cartas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- a) compreender os principais conceitos de IHC e de RA;
- b) descrever a arquitetura de funcionamento da RA;
- c) conceituar e identificar características de imersão e interação em ambientes de RA;
- d) identificar e descrever métodos e técnicas para avaliação de interfaces interativas;
- e) validar a interação e a imersão em ambientes de RA com usuários finais em um estudo de caso comparativo aplicado em jogos de cartas.

1.3 JUSTIFICATIVA

A área de IHC vem evoluindo juntamente com os computadores e com os dispositivos de interação utilizados para intermediar a comunicação homem-máquina. Assim, com o passar dos anos, criam-se constantemente novas interfaces e suportes de comunicação. Com foco de desenvolvimento centrado no usuário, uma das preocupações de IHC é proporcionar experiências interativas eficientes, cujas características buscam facilidade de uso e o aprendizado na realização de tarefas. Novos paradigmas de interação surgem focando, cada vez mais, na tangibilidade, ou seja, na aproximação da experiência de uso virtual ao real.

Neste contexto, surge a RA que insere e mistura, na interação, objetos do mundo virtual e do mundo real dos usuários. A aproximação da forma de comunicação entre homem-máquina às ações naturais do usuário busca proporcionar tangibilidade na interação. Ao invés de uso de dispositivos (como teclado e mouse) na interação, o usuário pode realizar esta mediação utilizando objetos de sua própria realidade, tornando esta comunicação mais concreta e palpável. A RA é aplicada em diversas áreas, como a dos jogos digitais, através dos quais os desenvolvedores buscam atrair usuários mediante tecnologias pioneiras e mais agradáveis ao uso. Tecnologias que procuram ampliar as formas com que o usuário vê, ouve, sente e se comunica com o jogo.

Além da interação, outro ponto importante da RA é a imersão, característica relacionada ao envolvimento, “mergulho”, capacidade de estar dentro, proporcionada pelo ambiente virtual e captada por meio dos sentidos humanos (principalmente visão, tato e

audição). A imersão possibilita ao usuário uma experiência de uso mais realística aumentando sua sensação de presença e participação no ambiente virtualizado. Quanto maior a imersão possibilitada pela aplicação tanto maior a sensação de realidade percebida pelo usuário e também maior é seu envolvimento com o ambiente, neste caso o jogo. A característica de imersão em jogos tem sido alvo de estudos, como em Ferreira e Oliveira (2011), que buscam investigar a influência dos processos imersivos na experiência de uso do jogador-usuário. Sendo este, ainda um campo aberto e vasto para investigação.

A avaliação de interfaces interativas é uma atividade foco em IHC e seus principais objetivos são identificar e verificar se as necessidades dos usuários estão sendo atendidas. A avaliação possibilita validar o funcionamento da interface na comunicação com o usuário avaliando sua influência na realização de tarefas, identificando problemas, comparando alternativas de projeto de interface e verificando sua aceitação. A partir da avaliação sistematizada é possível analisar como se dá a interação usuário-aplicação e todos os processos envolvidos nessa mediação, validando se a interface criada faz o que se propõe a fazer e se há o *feedback* esperado.

Diante da importância de IHC como suporte aos estudos sobre interação do usuário com os dispositivos na busca de melhoria da experiência de uso, está pesquisa avaliou a interação e imersão sensorial em um ambiente de RA. A avaliação foi realizada a partir de um estudo de caso aplicado em um jogo de cartas colecionáveis, comparando-se as experiências de uso do usuário final em três ambientes diferentes: real; virtual; e RA.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho possui seis capítulos, sendo que o primeiro é composto pela introdução, objetivo geral, objetivos específicos e a justificativa.

O segundo capítulo consiste na exposição dos principais conceitos referentes à IHC, interface, *affordance* e metáforas na computação, paradigmas, projeto e avaliação de interação.

Os conceitos de RA, RV e RM, bem como suas arquiteturas e dispositivos são descritos no capítulo três. Também são mostradas as formas de interação e imersão em RA e seus softwares e bibliotecas para desenvolvimento de sistemas.

O quarto capítulo é dedicado aos trabalhos correlatos, os quais mostram metodologias para avaliação de interfaces interativas com uso de RA e RV, utilização da RA em jogos digitais e sua aplicação para instrução e aprendizado.

A avaliação da interação e imersão na RA, juntamente com sua metodologia, ambientes de testes, perfil dos usuários, roteiro de teste, materiais utilizados e resultados obtidos fazem parte do capítulo cinco desta pesquisa. É mostrado o processo de desenvolvimento do mesmo e as técnicas utilizadas.

No sexto e último capítulo tem-se as considerações finais e a conclusão, na qual está contida a continuidade desta pesquisa a partir de trabalhos futuros.

2 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR

Para intermediar a comunicação entre o homem e o sistema construído surgiu uma nova área de estudo, a IHC. No contexto homem-máquina, a interação é a maneira com que o usuário se comunica com a aplicação, podendo essa comunicação dar-se através de dispositivos ou de forma simbólica (PLAISANT; SCHNEIDERMAN, 2004, tradução nossa).

Com o passar dos anos a área de IHC evoluiu juntamente com a tecnologia dos computadores. Os primórdios vêm de 1950, quando interação se restringia a uma interface de hardware para engenheiros com diversos botões de comunicação, presentes em praticamente todos os dispositivos eletrônicos atualmente (AMYRIS, 2007).

Segundo Baranauskas e Rocha (2003) a IHC destaca-se em ser uma disciplina preocupada com o design, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano.

A IHC é considerada uma área de estudo multidisciplinar na qual se observa o conjunto das tarefas executadas pelos seres humanos e pelas máquinas, a comunicação entre eles, a capacidade humana de usar a máquina, algoritmos e programas da interface, conceitos de engenharia aplicados ao projeto, assim como o processo de implementação das interfaces (CARVALHO, 1994).

A IHC visa ao estudo de como as pessoas interagem com os sistemas computacionais a fim de estabelecer técnicas e guias para projetar e desenvolver interfaces com o usuário que alcancem alta usabilidade. A usabilidade é usada para medir desempenho e satisfação do usuário, com o objetivo de determinar o quanto um produto é usável dentro de um contexto particular (ISO 9241-11, 2002).

Dentro da área de IHC, composta de múltiplos conceitos e concepções, se destacam os seguintes: interação, interface, modelo mental, affordance e metáfora, os quais discutiremos a seguir.

2.1 IHC: INTERAÇÃO

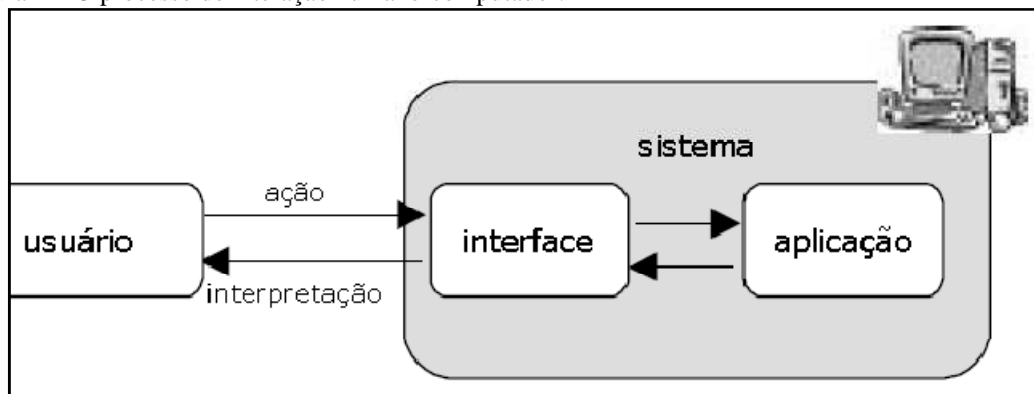
O termo interação, de acordo com Preece, Rogers e Sharp (2005), está relacionado com a troca de informações entre humanos e computadores, ou outros dispositivos, representando assim um diálogo entre máquina e ser humano e suas relações com as condições de projeto que envolvem outros seres humanos. De maneira mais simples, pode-se dizer que interação é o processo de comunicação entre pessoas e sistemas interativos

(PREECE et al, 1994). Nesse processo usuário e sistema invertem frequentemente os papéis, em uma relação em que um deles fornece informações, e o outro as recebe, interpreta e realiza uma ação.

De acordo com Preece, Rogers e Sharp (2005) em um primeiro nível a interação se caracteriza pela capacidade do homem e computador aceitarem os dados de entrada, processá-los, e gerarem dados de saída.

A área de IHC, portanto, estuda esse processo em que um “fala”, enquanto o outro “ouve”, interpreta e realiza uma ação. As ações do usuário são realizadas através de uma interface de sistema, e suas interpretações das respostas são transmitidas pelo sistema através da interface conforme a figura 1.

Figura 1 – O processo de interação humano-computador.



Fonte: Souza (2008).

2.2 IHC: INTERFACE

Pode-se dizer que interface é o nome dado a todo sistema, ou parte dele, com a qual o usuário mantém contato ao utilizá-la. Os aspectos da interface englobam tanto software, quanto hardware. Segundo Moram (1981, tradução nossa) a interface de usuário deve ser entendida como sendo a parte de um sistema computacional em que a pessoa entra em contato, tanto física, perceptiva ou conceitualmente.

Segundo uma definição de base, interface é uma superfície de contato que reflete as propriedades físicas das partes que interagem, as funções a serem executadas e o balanço entre poder e controle (LAUREL, 1993).

A interface tornou-se uma tendência importante a ser explorada nos últimos anos, a qual quando lembrada logo se pensa em menus, barras, ícones, cursores e linhas de comando, mas certamente não é só isso. Interfaces vêm sendo desenvolvidas desde que a primeira máquina foi criada, os primórdios vêm da década de 50, mas para o usuário final as

interfaces começaram a ser construídas somente a partir da década de 80, pois antes disso eram utilizadas apenas por profissionais especializados.

A evolução do conceito de interface pode ser resumida desta forma (AMYRYS 2007):

- a) 1950: a interface se encontrava em um nível de hardware, com painéis de chaves seletoras, trabalhada apenas por profissionais especializados;
- b) 1960-1970: implementação das linguagens de programação COBOL E FORTRAN. A interface migra assim para o software, no qual é textual, sendo necessário entender o código de programação para operá-la;
- c) 1970-1980: a interface já aparece ao usuário final com comandos de interação, porém ainda é textual;
- d) 1980: a interface atinge o nível gráfico através da *Graphic User Interface* (GUI), iniciando o abandono ao modo puramente textual;
- e) 1990: a interface abrange agora mais de uma máquina com os sistemas distribuídos, utilizando-se de equipes de usuários trabalhem cooperativamente;
- f) hoje em dia as interfaces estão presentes em todas máquinas e dispositivos, apresentando-se desde telas sensíveis ao toque, a comandos por voz.

Nielsen (1993) mostra também uma tabela na qual há o relacionamento das gerações de computadores com os componentes de hardware que as suportam. Ele também qualificou a categoria de usuários em cada geração conforme o quadro 1.

Quadro 1 – Gerações de computadores com o hardware que as suportam.

Geração	Tecnologia de hardware	Modo de operação	Linguagens de programação	Tecnologia Terminal	Tipo de usuários	Imagem comercial	Paradigma de interface do usuário
1945 Pré-histórica	Mecânica e eletromecânica	Usado somente para cálculos	Movimento de cabos e chaves	Leitura de luzes que piscam e cartões perfurados	Os próprios inventores	Nenhuma	Nenhum
1945-1955 Pioneira	Válvulas, máquinas enormes e alta ocorrência de falhas	Um usuário por vez, por tempo limitado	Linguagem binária	TTY (<i>teleprinters</i>)	Especialistas e pioneiros	Computador como uma máquina de cálculos	Programação batch
1955-1965 Histórica	Transistores	Batch	Assembler	Terminais de linha glass TTY	Profissionais de computação	Computador como um processador de informações	Linguagens de comando
1965-1980 Tradicional	Uso de circuito integrado	<i>Time-sharing</i>	Linguagens de alto nível como Pascal, C, Fortran	Terminais com tela cheia, acessado remotamente. Caracteres alfa-numéricos.	Grupos especializados sem experiência computacional	Mecanização de atividades repetitivas e não criativas	Menus hierárquicos e preenchimento de formulários
1980-1995 Moderna	Pessoas podem comprar seu computador	Computador pessoal	Linguagens orientadas a objetos	Displays gráficos,	Profissionais de todo tipo e curiosos	Computador como ferramenta	WIMP

Fonte: Nielsen (1993).

Várias etapas precedem a criação de uma interface com o usuário, uma delas se pode dizer que é etapa de como o usuário vai interagir com essa interface. Diante desse cenário Preece, Rogers e Sharp (2005) dizem que é necessário responder a algumas perguntas básicas:

- a) quem será o usuário que utilizara o produto?
- b) quais são os objetivos e necessidades desses usuários, quais as tarefas que desejam executar?
- c) qual será o contexto em que a interação terá lugar?

2.3 IHC: AFFORDANCE, METÁFORA, MODELO MENTAL E CONCEITUAL

Para responder a essas perguntas precisamos entrar na psicologia, para Spolsky (2002, tradução nossa) quando o usuário utiliza um programa, não o vê como uma página em branco. Ele tem uma expectativa sobre como esse programa vai funcionar. Se o usuário já fez contato com um programa similar anteriormente, ele achará que este funcionará de maneira parecida. Da mesma forma, se ele já usou qualquer tipo de programa, ele imaginará que este programa usará de algumas convenções já vistas. Isso pode ser chamado de modelo mental, que é a compreensão do usuário de como o programa deve ser, a partir do conhecimento adquirido ou acumulado em diferentes processos cognitivos.

De acordo com Preece, Rogers e Sharp (2005), quando as pessoas estão aprendendo e utilizando um sistema é que elas desenvolvem conhecimento sobre como utilizá-lo, sabendo assim como ele funciona em um nível mais básico. Esse tipo de conhecimento é denominado modelo mental. Depois de desenvolvido o modelo mental de certo produto interativo, o usuário pode usá-lo para fazer inferências em outros produtos, familiares ou não, usando as mesmas convenções.

Segundo Norman (2002), os engenheiros de software que projetam os sistemas interativos, têm seu modelo mental desse sistema. Ficando entre esses dois modelos mentais, o do usuário, mais básico e o dos projetistas, mais profundo, a interface. Ele ainda define a imagem do produto, a GUI, como sendo o sistema em si, pois os projetistas só se comunicam com o usuário através dessa imagem, conforme a figura 2.

Figura 2 – Modelos mentais.



Fonte: Norman (2002).

Um bom modelo mental deve prevenir erros, além de fornecer respostas para o usuário. Newman (1995) afirma, com relação ao sistema, que o modelo mental não vem do conhecimento da estrutura interna do sistema, e sim na observação do seu comportamento externo, o que seria a imagem do sistema, ou interface do usuário.

Pode-se dizer que modelo mental é o resgate da experiência do usuário, essa experiência será resgatada e usada como modelo para realização de outras tarefas (REBELO, 2009). Cabe aos projetistas usar esse modelo mental já disponível nos usuários para projetar o sistema, entrando no modelo conceitual.

Entende-se, por modelo conceitual a descrição do sistema proposto, o conjunto de idéias a respeito do que se deve fazer, com o que se deve parecer e como se deve comportar. Além do mais, que isso seja compreendido pelos usuários da maneira pretendida (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

De acordo com Rebelo (2009) o modelo conceitual é um conjunto de suposições baseados no mundo real, no qual essas suposições serão as regras do sistema. O desenvolvimento desse modelo conceitual deve ser baseado no entendimento da necessidade do usuário, com a soma de outros requisitos identificados por suposições.

Uma forma de se desenvolver um modelo conceitual correto é utilizando-se de metáforas de interface, pois elas fornecem a estrutura base do modelo conceitual, facilitando o entendimento por parte dos usuários. As metáforas de interface são desenvolvidas para serem semelhantes de alguma forma, com objetos, atividades ou ambos (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

Pode-se dizer que metáfora é uma analogia com conceitos e objetos já conhecidos pelos usuários, dos quais podem deduzir comportamentos e regras de utilização (LABIUTIL, 2000). Um exemplo de metáfora conhecida é a mesa de trabalho (*desktop*), na qual o usuário pode manipular pastas, documentos, impressoras e outros objetos comuns em um ambiente de trabalho (SEI, 1987).

Segundo Rebelo (2009) metáfora serve para facilitar o processo de compreensão e explicação de algo que está sendo contado, fazendo uma analogia com os objetos e suas propriedades, ou atividades e seus comportamentos. Metáforas são parte integrante do nosso pensamento e linguagem, para Erickson (1990) ela consiste em uma rede invisível de termos e associações que ajudam o modo de falar e pensar sobre um conceito, funcionando como um modelo natural, possibilitando extrair conhecimento de experiências com objetos familiares e concretos, além de usar esse conhecimento para dar estrutura a um conceito mais abstrato.

Muitas metáforas utilizam de *affordance* para guiar o usuário sobre o que ele deve fazer. *Affordance* trata-se das propriedades percebidas de um objeto, determinando como ele pode ser usado. O usuário, mesmo sem o conhecer, pode fazer uma dedução de como funciona, conforme o exemplo citado por Rebelo (2009):

- a) cadeado indicando segurança;
- b) raio indicando energia;
- c) cor vermelha significando perigo ou atenção;
- d) cor amarela significando estado de alerta;
- e) cor verde significando liberdade de ações.

Segundo Baber (2006), a aparência física de um objeto que pode ser manuseado já é suficiente para se deduzir como este objeto funciona.

Norman (1998, 2002) define *affordance* da mesma forma que Rebelo, como sendo o atributo de um objeto, dando “pistas” de como utilizá-lo. Ele afirma que há dois tipos de *affordances*, a real e a percebida. A real é aquela que dispõe de objetos físicos reais, como puxar uma maçaneta, e não necessitam de aprendizado, por outro lado, a percebida é aquela que vemos através da interface em uma tela virtual. Dessa forma não há sentido em fazer interfaces baseadas em *affordances* reais, com exceção de projetos físicos, de maneira que as interfaces virtuais são melhores entendidas quando usam *affordances* percebidas. Na figura 3 observa-se um exemplo de *affordance*.

Figura 3 – Exemplo de *affordance*.



Fonte: Rebelo (2009)

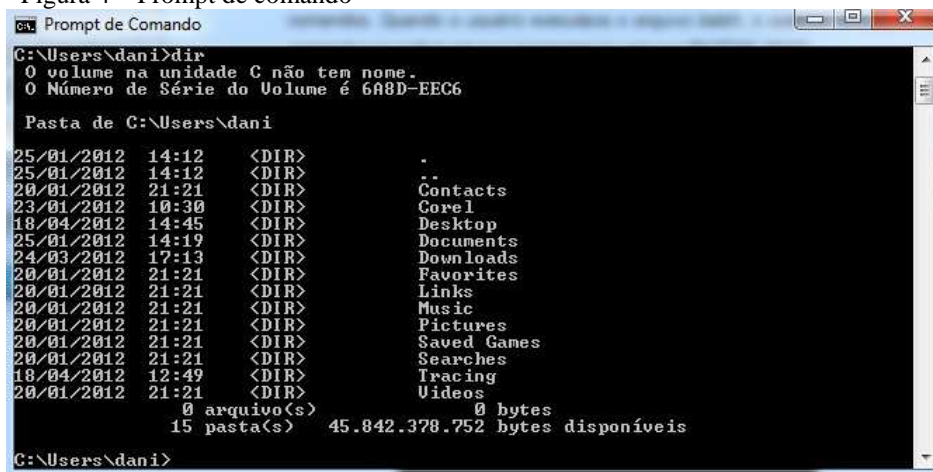
2.4 IHC: PARADIGMAS DE INTERAÇÃO

Pode-se dizer que paradigmas de interação são conceitos que facilitam e ajudam na elaboração de um modelo conceitual de um produto, orientando os projetistas sobre quais tipos de perguntas devem ser realizadas referente ao contexto de utilização do produto (REBELO, 2007). Paradigmas de interação servem de inspiração no design de um modelo conceitual. No passado o paradigma prevaleceu voltado para desenvolvimento de em aplicações para computadores de mesa, com o usuário sentado em frente ao computador, dessa maneira os paradigmas utilizavam de interfaces batch, linha de comando e GUI ou WIMP, acrônimo das palavras janela, ícone, menu e ponteiro (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

A interface *batch* foi o primeiro paradigma de interação, na qual é necessária que o usuário especifique todos os comandos previamente em um arquivo batch, desta forma a interação entre o usuário e o sistema se restringia ao momento em que o arquivo era submetido ao sistema, sendo sua vantagem os processos ficarem executando as instruções sem a intervenção do usuário. Hoje em dia ele pode ser visto no sistema *file transfer protocol* (FTP), que é protocolo utilizado na transferência de arquivos entre máquinas na internet (NIELSON, 1993).

Depois da interface *batch* veio a linha de comando, com a qual o usuário interagiu através de uma linha de comando onde era digitado a instrução, depois de pressionada a tecla *enter*, a instrução não podia mais ser modificada (NIELSON, 1993). De acordo com Butow (2007, tradução nossa) esse tipo de paradigma possibilitou uma maior interação com o computador, sendo um salto de usabilidade quando comparado com a interface *batch*. Um exemplo de interface de linha de comando é o sistema operacional DOS, criado na década 1980, é até hoje presente em alguns computadores na forma *prompt* de comando, como no exemplo dado pela figura 4.

Figura 4 – Prompt de comando



```

C:\Users\dani>dir
C:\Users\dani>dir
0 volume na unidade C não tem nome.
0 Número de Série do Volume é 6A8D-EEC6

 Pasta de C:\Users\dani

25/01/2012  14:12    <DIR>          .
25/01/2012  14:12    <DIR>          ..
20/01/2012  21:21    <DIR>          Contacts
23/01/2012  10:30    <DIR>          Corel
18/04/2012  14:45    <DIR>          Desktop
25/01/2012  14:19    <DIR>          Documents
24/03/2012  17:13    <DIR>          Downloads
20/01/2012  21:21    <DIR>          Favorites
20/01/2012  21:21    <DIR>          Links
20/01/2012  21:21    <DIR>          Music
20/01/2012  21:21    <DIR>          Pictures
20/01/2012  21:21    <DIR>          Saved Games
20/01/2012  21:21    <DIR>          Searches
18/04/2012  12:49    <DIR>          Tracing
20/01/2012  21:21    <DIR>          Videos

             0 arquivo(s)          0 bytes
             15 pasta(s)      45.842.370.752 bytes disponíveis

C:\Users\dani>

```

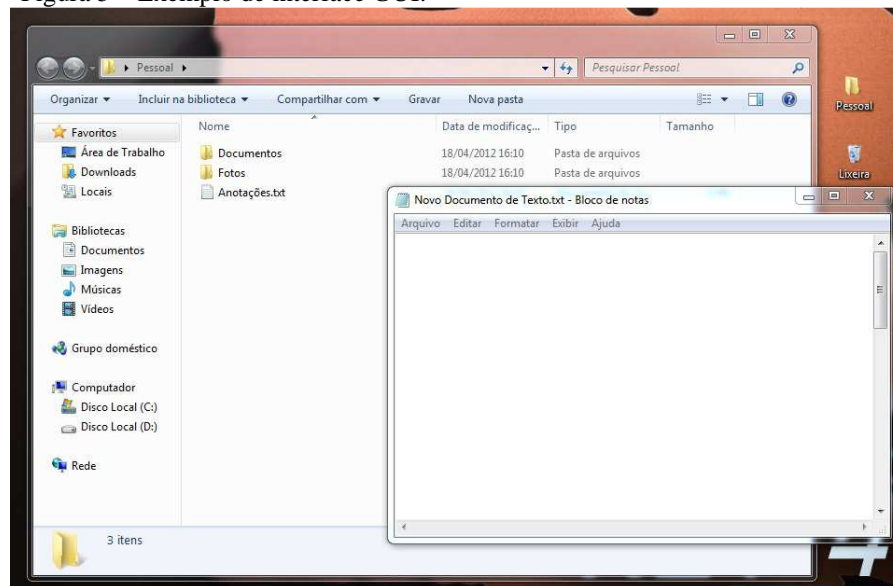
Fonte: Microsoft

As linguagens de comandos para usuários inexperientes podem ser difíceis de aprender, pois necessitam de prática e memorização dos comandos, geralmente empregadas por usuários experientes, e nas mãos dos quais fornecem um acesso rápido aos recursos fornecidos pelo sistema (LUCENA, 1997).

A partir da década de 90 um novo estilo de interação tornou-se padrão até os dias de hoje, o GUI ou WIMP, na qual o usuário em vez de utilizar de comandos para interação com o sistema, usa o mouse para clicar em ícones e menus normalmente baseados em metáforas, facilitando dessa forma o entendimento por parte do usuário (BUTOW, 2007, tradução nossa).

A GUI proporcionou novas experiências aos usuários, com suas representações visuais sugestivas, dando assim uma boa fluidez nas atividades do usuário, que poderiam então ser controladas simultaneamente (PEW, 2003, tradução nossa). A seguir a figura 5 exemplifica uma interface GUI.

Figura 5 – Exemplo de interface GUI.



Fonte: Microsoft.

Hoje em dia, na época pós-WIMP, há uma tendência de se levar os paradigmas de interação para além do computador de mesa. Os dispositivos móveis estão presentes cada vez mais no dia a dia das pessoas, e com o avanço das tecnologias sem fio, tornou-se necessário o desenvolvimento de novas aplicações que pudessem ser utilizadas de diversas maneiras, além de simplesmente funcionarem na máquina de um indivíduo (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

Seguindo esse pensamento surgiram outros paradigmas de interação, entre eles computação ubíqua, computação pervasiva, computação vestível, bits tangíveis, ambientes atentos e *Workaday World*, que discutiremos a seguir.

2.5 IHC: PARADIGMAS DE INTERAÇÃO PÓS-WIMP

O termo ubíquo segundo o dicionário Aurélio (2004) significa estar ao mesmo tempo em toda parte, ou seja, onipresente. O paradigma de interação computação ubíqua foi explicado primeiramente por Weiser (1991). Ele afirmava que no futuro próximo as tecnologias de informação e comunicação estariam espalhadas pelo ambiente, constituindo espaços inteligentes, nos quais a interação entre os dispositivos seria de forma simples e transparente, sem que ao menos precisássemos pensar neles. (WEISER, 1991; BECTA, 2007, tradução nossa).

De acordo com Preece, Rogers e Sharp (2005), Weiser não usava o termo ubiquidade somente para descrever computadores que viraram dispositivos portáteis, e sim para dizer que a tecnologia deveria ser incorporada ao ambiente, que fosse desenvolvida para

ser integrada ao mundo físico de maneira que aumentasse a capacidade humana. A invisibilidade é o principal adjetivo da computação ubíqua (WEISER, 1991). Um exemplo disso são lâmpadas que acendem sem a necessidade do usuário intervir, funcionam a partir de um sensor que detecta a presença e automaticamente acende a lâmpada, ou seja, antes de existir a demanda por luz o usuário já é atendido. A computação ubíqua não trata de desenvolver nada totalmente novo, mas sim de direcionar a interação, tornando o que já existe mais rápido, eficiente e usando menos esforço mental (REBELO, 2009).

A computação pervasiva trata de uma continuação das idéias da computação ubíqua, através das quais os usuários possam acessar e interagir com a informação em qualquer lugar e a qualquer momento, usando uma integração de tecnologias (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005). Um exemplo pode ser dado através de uma camiseta que detecta quando há uma rede sem fio disponível. Ao detectar essa rede, a imagem da camiseta entra em animação (REBELO, 2009). Segue o exemplo na figura 6.

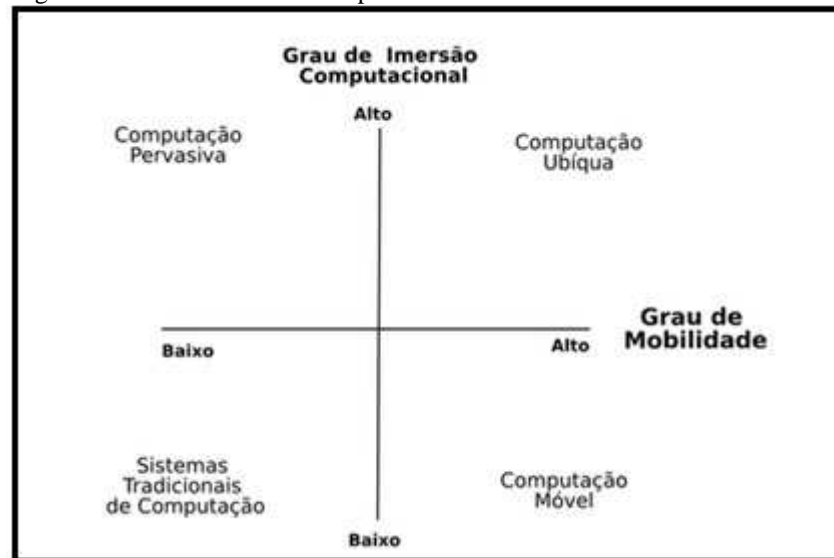
Figura 6 – Camiseta que detecta rede sem fio.



Fonte: Rebelo (2009).

A computação pervasiva está relacionada à capacidade de dispositivos de serem inseridos no mundo físico para obtenção de informações do meio para a construção de novos modelos computacionais. Ela integra a computação e o ambiente físico no qual está imersa (WEISER, 1991). A figura 7 compara o grau de imersão e o grau de mobilidade de quatro tipos de sistemas computacionais.

Figura 7 – Grau de imersão computacional.



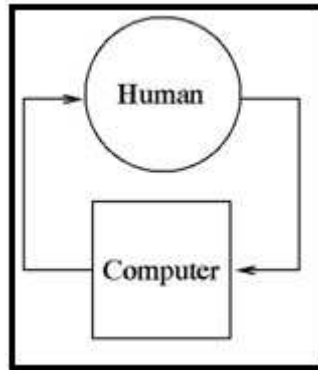
Fonte: Weiser (1991).

Durante o desenvolvimento da computação ubíqua e da pervasiva, pesquisadores tiveram muitas idéias de como expandir ainda mais o desenvolvimento de tecnologias que fazem parte do ambiente, dentre elas a computação vestível (MANN, 1996 apud PREECE; ROGERS; SHARP, 2005). Trata-se de um paradigma de interação que tenta inserir tecnologia em roupas e acessórios, como jóias, bonés, sapatos, fazendo com que essa tecnologia interaja com o ambiente, fornecendo informações digitais enquanto o usuário se movimenta no mundo físico (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

A computação vestível pode ser descrita como dispositivos totalmente funcionais, que não dependem de outros dispositivos, sendo utilizado junto ao corpo (REBELO, 2009). Mann (1998, tradução nossa), precursor e incentivador desta tecnologia, usa-a para caracterizar dispositivos computacionais portáteis que estão sempre ligados, disponíveis e sempre prontos para serem utilizados, facilitando uma nova forma de IHC. De acordo com ele, a computação vestível é definida em três modos básicos de operação:

- a) constância: aplica-se ao fato do computador vestível estar sempre ligado, promovendo uma interação constante entre usuário-interface, de modo que as informações fluem constantemente do usuário para o dispositivo, e vice-versa conforme a figura 8;

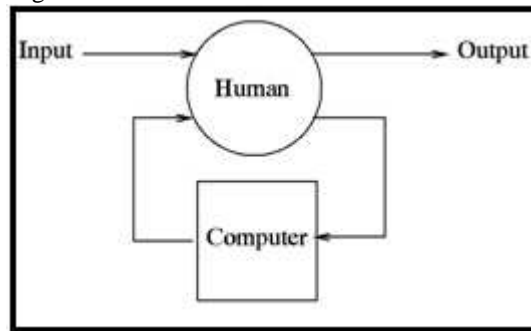
Figura 8 – Constância.



Fonte: Mann (1998)

- b) acréscimo: nesse modo de operação o computador é a tarefa primária, ficando a computação vestível como secundária, nesse sentido entende-se que o usuário estará fazendo outra atividade ao mesmo tempo em que a utiliza. Segue o exemplo na figura 9;

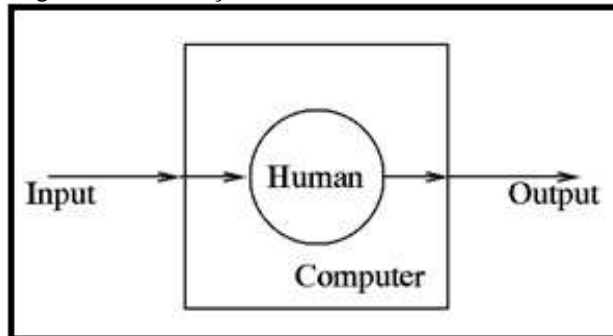
Figura 9 – Acréscimo.



Fonte: Mann (1998).

- c) mediação: através desse modo a computação vestível é capaz de encapsular o usuário, não necessariamente de maneira completa, mas que seja pelo menos maior que o computador portátil tradicional. O exemplo desse encapsulamento segue na figura 10.

Figura 10 – Mediação.



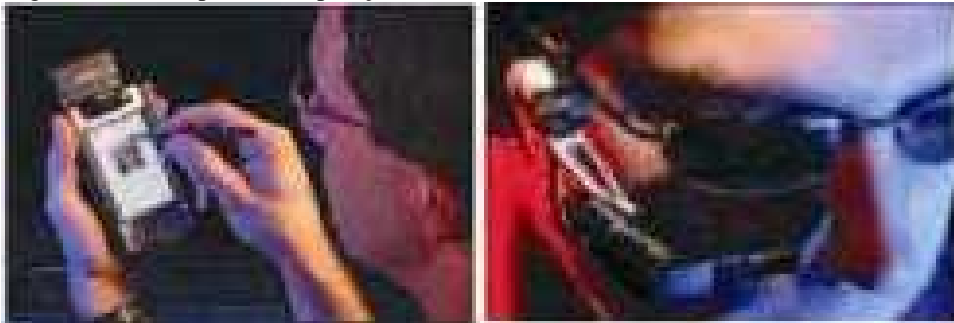
Fonte: Mann (1998).

Além dos três modos de operação básicos, Mann (1998, tradução nossa) ainda criou seis características que todo projeto de computação vestível deve ter:

- a) não ser monopolizadora da atenção do usuário. Ter em mente que o usuário precisa se concentrar em outras tarefas enquanto utiliza o dispositivo vestível;
- b) não ser restritiva. Permitir que o usuário faça outras coisas enquanto o usa;
- c) ser observável pelo usuário, se assim ele desejar, mesmo que tudo funcione sem a intervenção dele;
- d) ser controlável pelo usuário, caso ele queira, a qualquer momento que necessário;
- e) estar atenta ao ambiente: a computação vestível deve estar atenta ao ambiente através de sensores, aumentando a interação com o usuário, e dessa maneira passando-lhe informações relevantes sobre o que o cerca;
- f) ser comunicativa: permitir que o usuário se comunique quando ele desejar. A computação vestível deve aumentar a capacidade de comunicação do usuário, e não restringi-la.

Como podemos ver a computação vestível atende ao usuário sem a necessidade de usar dispositivos sobressalentes e que quase não causam transtornos para serem utilizados, pois utilizam de roupas e acessórios que já utilizamos em nosso dia a dia, conforme o exemplo da figura 11:

Figura 11 – Exemplo de computação vestível.



Fonte: Rebelo (2009).

Outro paradigma que veio também veio de uma idéia proveniente da computação ubíqua são os bits tangíveis. Esse paradigma tem como foco integrar os recursos computacionais no ambiente físico, encontrando meios de misturar informações digitais com objetos físicos, oferecendo experiências reais (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005). Dentro desse paradigma temos a RV e a RA. A RV trata de trazer o usuário para dentro de um ambiente tridimensional, simulando situações e dessa maneira proporcionando experiências mais próximas possíveis da realidade (REBELO, 2009). A RA pode-se dizer que é a combinação do ambiente real com a realidade virtual, ela trabalha de forma a sobrepor imagens virtuais em objetos físicos (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005). Esses dois

paradigmas fazem parte do foco deste trabalho e vão ser trabalhados mais profundamente no capítulo dois.

Os paradigmas de ambientes atentos e da computação transparente trabalham com a possibilidade de atender antecipadamente as necessidades dos usuários. São sistemas ricos em microfones, sensores e câmeras que trabalham de maneira implícita, detectando reações físicas e gestuais que são analisadas e oferecem ao usuário algo que ele esteja esperando (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

O *Workaday World* é um paradigma que se preocupa em entender o uso da tecnologia em questões cotidianas e conceituais. Pode-se dizer que é o estudo do cenário da computação tangível (REBELO 2009).

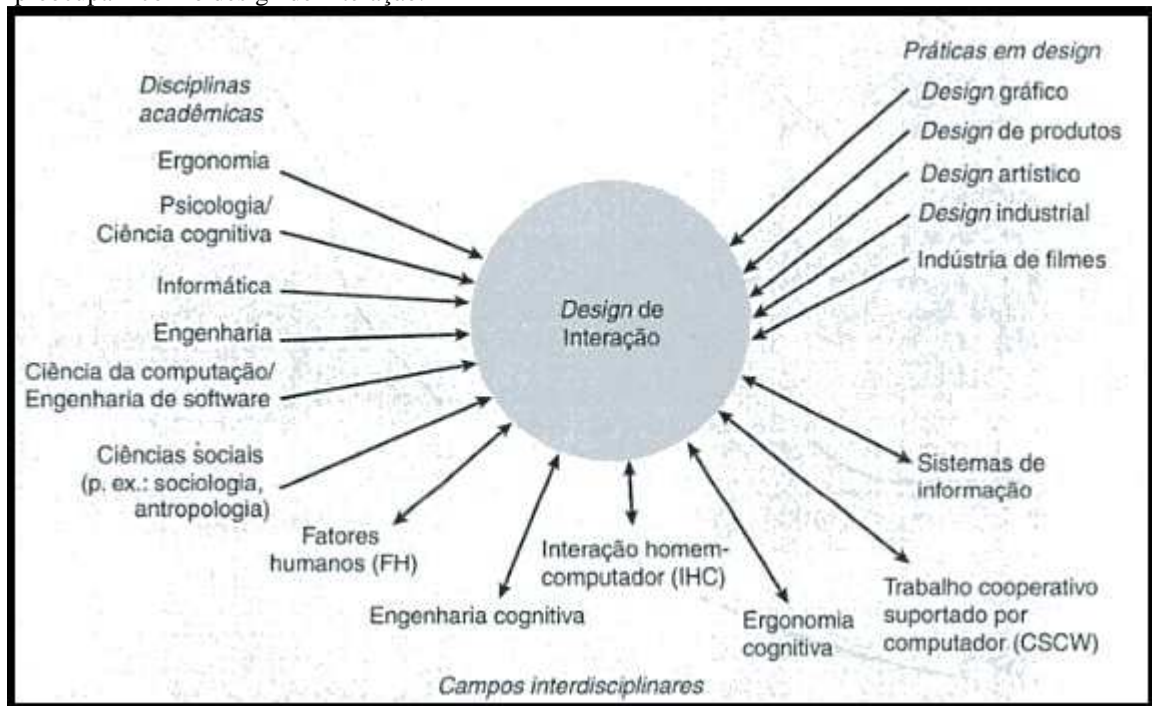
2.6 PROJETO DE INTERAÇÃO

O projeto de interação tem como sua base um caráter comportamental, ou seja, dois produtos podem ser semelhantes em sua aparência, porém causam diferentes impactos em seu uso, mas isso só pode ser percebido após seu uso ou manipulação (SAFFER, 2007, tradução nossa). Pode-se dizer que o projeto de interação visa garantir o sucesso do diálogo entre homem e computador.

Segundo Rebelo (2009), o projeto de interação tem como objetivo ajudar as pessoas a entender como será o processo de comunicação entre o produto interativo e o usuário. Normalmente esses produtos são frutos de artigos tecnológicos, porém seu uso também é comum em produtos do dia a dia das pessoas, podendo então ser dito que o projeto de interação é aplicável a qualquer coisa usável.

Nesse contexto Rebelo (2009) traduz o termo design de interação para projeto de interação, e Preece, Rogers e Sharp (2005) mostram como o design ou projeto de interação está aplicado a um campo interdisciplinar, e todos esses campos são preocupados em criar sistemas que focam nos objetivos dos usuários, mesmo podendo ter metodologias diferentes. O exemplo disso segue na figura 12.

Figura 12 – Relação entre disciplinas acadêmicas, práticas de design e campos interdisciplinares que se preocupam com o design de interação.



Fonte: Preece, Rogers e Sharp (2005).

Rebelo (2009) estabelece que o projeto de interação deve atuar de forma a ajudar os usuários a atingirem suas metas, exercendo uma atividade prática e criativa. Ele deve responder como o usuário fará alguma coisa, como ele se sente e como ele deve fazer esta coisa, desta forma Verplank (2003, tradução nossa) descreve que todos os dispositivos, até o mais simples requer manipulação e conhecimento. O projeto de interação deve desenvolver um espaço de trabalho através de uma interface, e essa sendo feita a partir do modelo mental do usuário.

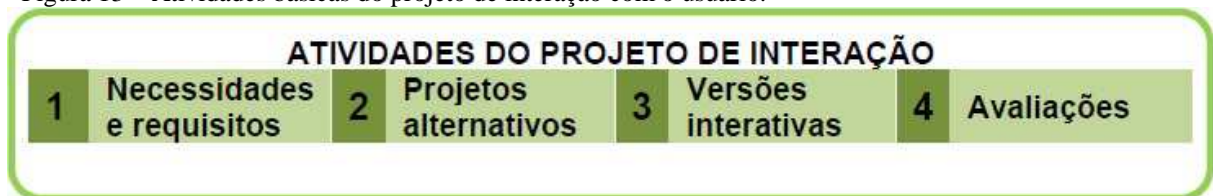
Pode-se dizer que de uma forma geral o processo do projeto de interação é composto de quatro atividades básicas, sendo elas (PREECE; ROGERS, SHARP, 2005; REBELO 2009):

- a) identificar necessidades e estabelecer requisitos: Tem como foco estabelecer os requisitos do produto, e seu objetivo é identificar o usuário e atender suas necessidades. Toda a abordagem nesta etapa será focada no usuário;
- b) desenvolver projetos alternativos que vão de encontro aos requisitos: Pode-se dizer que esta é a atividade central do projeto de interação. É quando surgem as idéias que devem atender aos requisitos, desta forma o modelo conceitual do produto ganhara forma, e então poderá ser iniciado o projeto físico deste produto, com seus detalhes de interação e interfaces, incluindo nesse processo o estudo de cores, sons, imagens, menus, etc;

- c) construir versões interativas dos projetos, de maneira que possam ser comunicados e analisados: Mostra versões dos projetos aos usuários de maneira que estes possam simular o processo de interação. Esses protótipos não necessitam ser totalmente funcionais, pois sua idéia é descobrir de maneira eficaz os problemas do início do projeto;
- d) avaliar o que está sendo construído durante o processo e medir sua aceitabilidade: tem como objetivo medir a usabilidade e aceitabilidade do produto usando diferentes tipos de critérios, ajudando a determinar se parte do produto ou ele como um todo está apto para o uso.

Estas quatro atividades (figura 13) podem se repetir em diferentes etapas de desenvolvimento do projeto, porém a etapa que necessita de mais atenção, sendo considerada a etapa crítica, é o levantamento ou elicitação de requisitos (REBELO, 2009).

Figura 13 – Atividades básicas do projeto de interação com o usuário.



Fonte: Rebelo (2009).

Além destas quatro atividades básicas, Preece, Rogers e Sharp (2005) e Rebelo (2009) definem três características chave quanto ao processo de projeto de interação:

- a) necessidade de se focar nos usuários, que devem e precisam estar envolvidos em todo desenvolvimento, fazendo deles a base central do projeto. Se por alguma razão não seja possível a presença de usuários, deve então o projetista atuar como o usuário, pensando como tal;
- b) os objetivos específicos e as metas decorrentes da experiência do usuário devem ser identificadas, documentadas e acordadas no início do projeto. Desta maneira fica mais fácil ao projetista verificar seu progresso e escolher alternativas para problemas encontrados;
- c) a interação nas quatro atividades é inevitável: testes e avaliações para o aperfeiçoamento do projeto, sempre com base no retorno do usuário.

Como Rebelo (2009) descreve, necessidades e requisitos é a parte mais crítica do projeto de interação, dessa maneira especificaremos essa etapa mais afundo. As questões práticas de necessidades e requisitos estão presentes em outras áreas, por exemplo, na arquitetura, onde o arquiteto tem que conhecer o que o cliente, ou seja, o futuro utilizador deseja para o espaço a ser construído. Dessa maneira ele terá em mãos as necessidades desse

cliente, e poderá dar início ao primeiro protótipo desse projeto. Pode-se dizer que o requisito é um derivado da necessidade, conforme o exemplo da figura 14.

Figura 14 – Necessidade e requisito.

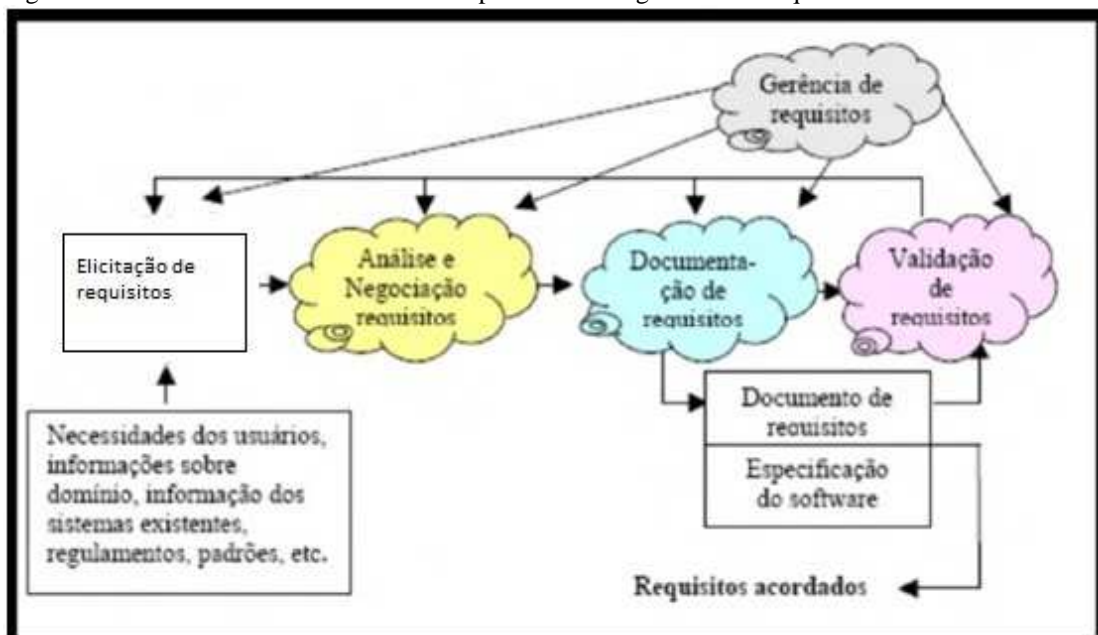
Necessidade	Requisito
Fazer ligações telefônicas	Aparelho com teclado numérico e tela para troca de dados
Armazenar números de telefones	Possuir teclado com alfabeto (alfanumérico)

Fonte: Rebelo (2009).

Dentro da etapa necessidades e requisitos, temos a engenharia de requisitos. Ela se propõe a identificar o que pode ou não ser desenvolvido, e quais as tecnologias estão envolvidas, e tem por objetivo evitar problemas de desenvolvimento ao longo do projeto, evitando assim qualquer insatisfação por parte do usuário (REBELO, 2009). Outros autores definem de maneira parecida a engenharia de requisitos, Zave (1997) a estabelece como a área que se preocupa com metas reais, funções e restrições de software, também se preocupando com o relacionamento desses fatores. Pressmann (2001) diz que a engenharia de requisitos fornece os mecanismos necessários para entender o que o cliente quer, e negociar uma solução razoável, especificando e gerenciando os requisitos conforme eles se transformam em um software usável.

Os processos de engenharia de requisitos podem ser descritos como um conjunto estruturado de atividades, que tem como atividade a elicitação, análise e negociação, documentação, validação e gerência de requisitos conforme a figura 15 (KOTONYA, 1998; REBELO, 2009):

Figura 15 – Macro-modelo de atividades do processo de engenharia de requisitos.



Fonte: Rebelo (2009).

Para esse conjunto de atividades não deve haver limites de ações entre elas, cada uma pode ser utilizada varias vezes, o objetivo final é que esse processo seja realizado até que a satisfação do usuário seja alcançada. As atividades apresentadas na figura são descritas a seguir (BLASCHEK, 2002 apud REBELO, 2009; KOTONYA, 1998):

- a) elicitación de requisitos: nesta fase a expectativa é descobrir, deduzir, extrair, evocar ou obter dados que contribuam com o software a ser desenvolvido aplicando diversas técnicas de elicitación, como técnicas tradicionais, em grupo, dirigidas a modelos, cognitivas, contextuais e prototipación (BATISTA, 2003);
- b) análise e negociação de requisitos: a análise e negociação distribuem os requisitos em categorias, verificam suas relações e classificam sua importância de acordo com a necessidade de todos envolvidos no projeto, principalmente o usuário final;
- c) documentação de requisitos: é uma forma de representação dos resultados obtidos em detalhes, contendo informações do que ele fará, mas não entrando em detalhes sobre que tecnologia ou linguagem de programação será usada. Ele deve conter o escopo e objetivos do software, suas funções, restrições, propriedades, definições de outros softwares que irá interagir e informações sobre o domínio de aplicação;
- d) validación de requisitos: é a etapa ideal para correção de erros antes do desenvolvimento, visa assegurar que todos os requisitos foram definidos sem ambigüidades, inconsistências ou omissões e tem por objetivo verificar se o resultado satisfaz o usuário. Essa validación é feita por toda equipe do projeto, principalmente os usuários;
- e) gerencia de requisitos: esta etapa visa manter registro das modificações dos requisitos, e assegura que elas ocorram de forma correta no documento de requisitos.

Preece, Rogers e Sharp (2005) esclarecem que todo projeto de interação deve conter os princípios de projeto de interação, esses tratam de mostrar o caminho ao projetista, trabalhando sobre como ele deve pensar nos diferentes aspectos de seus projetos. Esses princípios vêm de uma mistura de conhecimento adquirido em experiências, teorias e também a partir do senso comum, tendendo a ser escritos de uma maneira prescritiva, sugerindo aos projetistas que passos eles devem ou não seguir na construção de sua interface, e principalmente os auxiliando sobre como explicar melhor seu projeto. O que os princípios de

projeto de interação não tratam é especificar como será a interface propriamente dita, por exemplo, onde colocar certo ícone.

Os princípios podem ser aplicados de duas diferentes formas (REBELO, 2009):

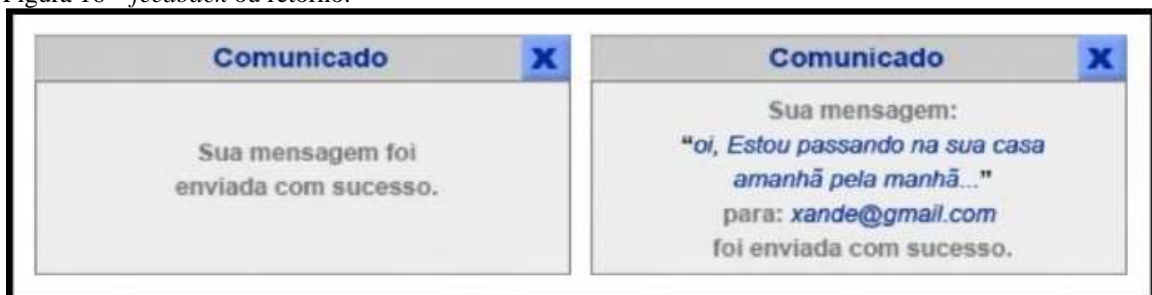
- a) servindo no auxílio para tomadas de decisão antes do início do produto, dando desta forma direcionamento ao projeto;
- b) para processos de avaliação ou validação por meio de testes.

Os princípios devem ser lembrados sempre para proporcionar que uma interface e suas interações sejam mais eficazes. Nem sempre o cumprimento dos princípios é a identificação de um projeto equilibrado, porém quanto deles forem cumpridos maior será a facilidade do usuário em usar o produto. Eles determinam o que os usuários podem ver e fazer quando estão realizando sua tarefa em um produto interativo (REBELO, 2009).

Vários princípios já foram desenvolvidos, sendo os mais famosos referem-se a como determinar as ações dos usuários durante a realização de tarefas. Eles são seis itens, visibilidade, retorno (*feedback*), restrições, mapeamento, consistência e fornecimento que serão descritos a seguir (NORMAN, 2002; PREECE; ROGERS; SHARP, 2005; REBELO, 2009):

- a) visibilidade: o propósito geral deste princípio é manter suas funções visíveis ou ao menos facilitar a localização do controle apropriado para a tarefa, quanto mais forem visíveis as funções mais os usuários saberão o que fazer;
- b) retorno (*feedback*): este princípio está relacionado com a visibilidade, e seu objetivo é fornecer informações ao usuários após uma ação ou interação. Esse retorno se bem utilizado garante a continuidade da atividade e evita hostilidades. Ele pode ser feito utilizando diversos formatos, como o visual, auditivo, tátil, olfativo, verbal e a até mesmo a combinação de todos eles. Rebelo (2009) exemplifica retorno de maneira clara na figura 16, onde a primeira mensagem sugere que a ação foi realizada. A segunda mensagem, além de sugerir, diz o que foi realizado e para quem foi enviada.

Figura 16 – *feedback* ou retorno.



Fonte: Rebelo (2009).

- c) restrição: são as formas de limitar o tipo de interação que pode ocorrer em um determinado momento, garantindo assim que o usuário escolha a opção correta para continuar a atividade. Existem três categorias de restrições, física, lógica e cultural. A física restringe fisicamente que uma tarefa seja executada de qualquer maneira diferente da qual foi projetada. A lógica depende do entendimento que a pessoa tem sobre como o mundo funciona, sobre o senso comum, explorando o modelo mental do usuário. As restrições culturais acontecem nas convenções aprendidas, como por exemplo, o uso da cor vermelha para alertas;
- d) mapeamento: refere-se a relação entre os controles e seus efeitos. Um bom mapeamento é um indicativo do relacionamento correto entre duas entidades. Por exemplo, em aparelhos de som, o botão *play* está localizado no meio, à esquerda está o retroceder e à direita o avançar. A manipulação desses controles pelo usuário deve, na medida do possível, não ser surpresa para o usuário;
- e) consistência: quanto mais parecidos forem dois elementos, mais semelhantes serão as tarefas que eles executam. O grande benefício que as regras de consistência podem oferecer é a facilidade no aprendizado de um modo único de operação. Por exemplo, para selecionar um texto você usa o botão esquerdo do mouse, imaginando agora se isso fosse trocado seria uma quebra de consistência, e uma dificuldade no aprendizado. Outro exemplo é a figura 17 de um teclado de banco invertido;

Figura 17 – Teclados de caixa eletrônico com organização diferente.



Fonte: Rebelo (2009).

- f) fornecimento: também é conhecido como *affordance* e já foi explicado anteriormente.

2.7 AVALIAÇÃO DE INTERAÇÃO

Antes de declarar um sistema pronto para o uso, o projetista deve submetê-lo a uma série de testes de funcionalidades, mesmo que as etapas de projeto e princípio de interação tenham sido seguidas fielmente. Esta etapa de avaliação serve para analisar e garantir a qualidade de uso de um software (BARBOSA; PRATES, 2003).

A avaliação é considerada uma atividade foco de IHC, cujas principais funções são identificar problemas de interação de usuário versus sistema e medir a qualidade desse sistema computacional. Além disso, a avaliação consiste em um estudo de natureza analítica ou empírica de uma aplicação ou protótipo, que visa fornecer um diagnóstico sobre sua qualidade (BARBOSA; PRATES, 2003). Para Queiroz (2001) a avaliação de IHC envolve dois fatores:

- a) investigação de problemas ou aspectos questionáveis de projeto e/ou a implementação da interface;
- b) formulação de soluções consistentes para os problemas encontrados a partir da investigação da interface.

Segundo Preece, Rogers e Sharp (2005) os principais objetivos de se realizar uma avaliação de sistemas interativos são:

- a) identificar as necessidades de usuários ou verificar o entendimento dos projetistas diante dessas necessidades;
- b) identificar problemas de interação ou de interface;
- c) investigar como uma interface afeta a forma de trabalhar dos usuários;
- d) comparar alternativas de projeto de interface;
- e) alcançar objetivos quantificáveis em métricas de usabilidade;
- f) verificar aceitação com um padrão ou conjunto de heurísticas.

Os conceitos de qualidade de uso em sistemas interativos estão fortemente relacionados com a satisfação e eficiência dos usuários na realização de suas tarefas. Dessa forma quando há mais de uma alternativa para realização da mesma tarefa, os usuários tendem a escolher a que melhor qualidade de uso proporcionar (BARBOSA; PRATES, 2003).

Dentre os conceitos de qualidade de uso, o mais amplamente utilizado é a usabilidade, a qual está relacionada com a facilidade e eficiência de uso e aprendizado, bem como à satisfação do usuário (BARBOSA; PRATES, 2003; NIELSEN, 1993; PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

Segundo a ISO 9241-11 (2002) a usabilidade define-se na especificação ou avaliação de um computador em termos de medidas de desempenho e satisfação do usuário. Entende-se dessa forma que a usabilidade está centrada no usuário, portanto todas as modificações a serem feitas deverão ser a favor dele. Dentro desse contexto, existem fatores típicos que estão envolvidos no conceito de usabilidade, a saber (BARBOSA; PRATES, 2003; NIELSEN, 1993; PREECE, ROGERS; SHARP, 2005):

- a) facilidade de aprendizado: refere-se ao tempo e esforço feito pelo usuário para aprender a utilizar parte, ou o sistema como um todo, com determinado nível de competência e desempenho;
- b) facilidade de uso: está relacionado com o esforço cognitivo para interagir com o sistema e com o número de erros cometidos durante essa interação.
- c) eficiência de uso e produtividade: serve para analisar se o sistema faz bem aquilo a que se destina, e avalia se o usuário utilizou o sistema de forma rápida e eficaz. Comumente é avaliado pelo tempo decorrido desde o início da tarefa até sua conclusão e pelo número de ações que precisaram ser feitas;
- d) satisfação do usuário: é um dos fatores determinantes para o sucesso do sistema, o qual enfatiza a satisfação subjetiva dos usuários. Para isso se incluem comentários e emoções que possam surgir durante a interação, tanto negativas, quanto positivas;
- e) flexibilidade: examina quantas pessoas distintas podem seguir caminhos diferentes para um mesmo objetivo;
- f) utilidade: refere-se ao conjunto de funcionalidades oferecido pelo sistema para que os usuários realizem suas tarefas;
- g) segurança no uso: relaciona-se ao grau de proteção de um sistema contra condições desfavoráveis para os usuários.

Outros conceitos que se enquadram em qualidade de uso são a comunicabilidade e aplicabilidade. A comunicabilidade baseia-se na capacidade dos usuários de entenderem a interface da mesma forma que foi concebida pelos projetistas. Por sua vez, a aplicabilidade refere-se como o sistema pode ser usado em diversos contextos, até mesmo naqueles que não foram previstos pelos projetistas (BARBOSA; PRATES, 2003).

2.7.1 Métodos e técnicas de avaliação de interação

As técnicas de avaliação e testes de usabilidade podem auxiliar tanto na fase de desenvolvimento quanto no final do produto. Existem diversos métodos e técnicas para a realização dessas avaliações de interfaces, as quais diferem entre si pelos seguintes aspectos: paradigma, objetivo, contexto a ser avaliado, momento e forma de coleta de dados e tipo de análise realizada a partir dos dados levantados (PREECE, ROGERS; SHARP, 2005). A escolha de quais técnicas utilizar varia de acordo com o contexto no qual os testes serão aplicados, portanto faz-se necessário compreender as diferentes características dos métodos mais utilizados, para se definir qual deles é mais apropriado para o contexto em questão (BARBOSA; PRATES, 2003; PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

A avaliação de uma interface pode ser feita durante todo o desenvolvimento do projeto, sendo chamada de avaliação formativa, a qual pode fazer uso de cenários, modelagem conceitual da interação, protótipos de sistemas. A vantagem de usar esse tipo de avaliação é corrigir futuros erros ou problemas de interação antes da interface ser lançada aos usuários (PRATES E BARBOSA, 2003; PREECE, ROGERS E SHARP, 2005).

As avaliações feitas em interfaces já lançadas recebem o nome de avaliação somativa, que tem por foco analisar o sistema em sua qualidade, podendo ser aplicada a aspectos específicos ou de uma maneira global. Pode também ser utilizada com a finalidade de comparação, determinando se uma interface vai obter sucesso no mercado diante de produtos similares (BARBOSA; PRATES, 2003; PREECE, ROGERS; SHARP, 2005).

Preece, Rogers e Sharp (2005) identificaram quatro paradigmas centrais de avaliação:

- a) avaliação rápida e suja: refere-se a uma prática rápida e informal de colher informações sobre as necessidades e gostos dos utilizadores. Pode ser realizada em qualquer momento do projeto e os dados são descritivos e informais;
- b) testes de usabilidade: esse paradigma envolve a quantificação do desempenho dos utilizadores em tarefas determinadas previamente. São analisados dados, por exemplo, número de erros e ações e tempo para completar a tarefa. Durante a realização do teste tudo é observado (expressões, pausas, comentários) e anotado, além disso, o avaliador pode fazer uso de questionários e entrevistas para saber a opinião dos utilizadores;
- c) estudos de campo: os estudos são realizados no ambiente real do utilizador, observando-se o que fazem, e como o sistema em teste os influencia;

- d) avaliação preditiva: através de modelos os especialistas procuram prever os problemas de usabilidade, não necessitando da presença de utilizadores.

Foram feitas diversas tentativas de se categorizar as técnicas e métodos de avaliação em IHC. Uma das categorias mais conhecidas são os métodos analíticos e empíricos (FERREIRA, 2007).

Os métodos analíticos geralmente são empregados nas primeiras etapas de desenvolvimento da interface humano-computador, e fundamentam-se na análise feita por avaliadores especialistas, que investigam aspectos da usabilidade do produto baseado em recomendações ou padrões. Barbosa e Prates (2003) esclarecem que os principais objetivos dos métodos de avaliação analíticos são:

- a) identificar e classificar os problemas de usabilidade;
- b) selecionar os problemas que devem ser corrigidos de acordo com a gravidade;

Os métodos de avaliação empíricos fazem parte do foco de pesquisa desse trabalho, dessa forma serão discutidos mais detalhadamente na seção abaixo.

2.7.1.1 Métodos de avaliação empíricos

Os métodos de avaliação empíricos caracterizam-se pelo envolvimento dos usuários no processo avaliatório, no qual os dados são coletados por especialistas a fim de identificar problemas de usabilidade e comunicabilidade. Fazem parte dos principais métodos de avaliação empíricos os ensaios de interação ou testes de usabilidade (BARBOSA; PRATES, 2003; CYBIS, 2003).

Os ensaios de interação ou teste de usabilidade consistem em uma simulação do uso do sistema pelos usuários, a qual normalmente é feita em laboratório. Esses testes em laboratório necessitam de um bom planejamento e todos os participantes devem ter as mesmas condições de uso da interface. Durante o período que precede a fase de testes, o avaliador deve determinar o objetivo da avaliação, critérios relevantes, pontos críticos, selecionar as tarefas, selecionar os participantes, gerar o material para o teste e executar o teste piloto (BARBOSA; PRATES, 2003).

Para determinar o objetivo da avaliação o avaliador deve definir quais critérios são relevantes ou prioritários e quais os pontos críticos da aplicação a serem testados. Normalmente os critérios relevantes são aqueles ligados à qualidade de uso. Por outro lado, os pontos críticos estão vinculados a tarefas que sejam estratégicas para uso da aplicação ou a tarefas frequentemente utilizadas. Uma vez já estabelecido o objetivo da avaliação, o

avaliador deve determinar as tarefas que os participantes deverão realizar, necessitando ser as mais realistas possível sobre o uso do sistema. As tarefas devem possuir também medidas a serem observadas para cada aspecto que se deseje avaliar (BARBOSA; PRATES, 2003).

Segundo Cybis (2003) o constrangimento é um dos aspectos que está inerente aos testes durante sua realização, portanto, algumas medidas devem ser tomadas para evitá-lo, como por exemplo:

- a) esclarecer o usuário de que é o sistema o objeto da avaliação, e não ele;
- b) não pressionar os usuários a participarem dos testes;
- c) não expor os usuários a comentários de colegas;
- d) evitar invadir a privacidade dos participantes, realizando uma coleta de dados anônima;

2.7.2 Métodos e técnicas para coleta e análise de dados

Para coletar os dados gerados pelos usuários durante seu período de testes, podem ser utilizadas diferentes técnicas, as quais devem ser escolhidas dependendo do objetivo da avaliação a ser feita. Os tipos de dados coletados podem ser divididos entre qualitativos e quantitativos. Normalmente os dados quantitativos são usados para avaliar a eficiência e produtividade de um sistema e com o objetivo de comparação. A análise desses dados é feita comumente através de estatísticas simples, como média e desvio padrão. Os dados qualitativos são os resultados não numéricos, como sugestões, elogios e problemas que os usuários encontraram durante os testes, e normalmente permitem identificar quais são as características de interação relacionadas com os aspectos medidos e observados. A seguir Barbosa e Prates (2003) e Preece, Rogers e Sharp (2005) explicam as diferentes técnicas de coleta de dados:

- a) coleta da opinião de usuários: tem por objetivo identificar o nível de satisfação dos usuários com o sistema, como por exemplo, se eles gostam ou não do sistema, se a aparência visual é satisfatória, se voltariam a usá-lo ou tiveram algum problema. Para se coletar essa opinião são utilizadas técnicas tipo questionário e entrevista, as quais podem variar de aspectos de acordo com o objetivo;
- b) observação de usuários: permite ao avaliador observar o usuário durante a execução do sistema, tendo dessa forma uma visão dos problemas e aspectos positivos vivenciados pelos usuários. Os dados da técnica de observação

podem ser retirados de anotações do avaliador, gravação de vídeo, áudio ou da interação, ou ainda uma combinação dessas. Em ambientes controlados, normalmente o avaliador determina as tarefas a serem executadas pelo usuário, podendo assim coletar mais dados qualitativos e quantitativos, como por exemplo, dificuldades enfrentadas, tempo gasto ou erros cometidos;

- c) registro de uso: nem sempre é possível ao usuário e ao avaliador estarem presentes na mesma hora e local, ou então, o período de testes que se deseja alcançar é muito longo, nesses casos a técnica de registro de uso pode utilizar de *logs*, gravações da interação do usuário com o sistema, ou da gravação em vídeo da experiência do usuário;
- d) coleta da opinião de especialistas: há situações em que os usuários não estão disponíveis para participar da avaliação, ou seu envolvimento gera custos muito elevados. Nesses casos os especialistas examinam a interface a tentam identificar problemas que os usuários podem vir a ter;
- e) teste de desempenho de usuário: é normalmente utilizado quando se quer comparar duas ou mais interfaces. Os dados são coletados de uma maneira que o desempenho possa ser analisado, como por exemplo, métricas estatísticas descritivas;
- f) modelagem do desempenho das tarefas realizadas por usuários: consiste em tentativas de se modelar a interação homem-computador de uma maneira que seja possível prever a eficiência e os problemas de determinada interface. Normalmente é utilizado nos estágios iniciais do projeto.

A partir do momento em que os especialistas têm os dados em mãos, estes precisam ser analisados para verificar-se se o objetivo da experiência foi alcançado. Barbosa e Prates (2003) citam que há três tipos de técnicas para análise de dados:

- a) preditiva: é realizada quando há necessidade de se avaliar dados gerados por especialistas, nesse caso os avaliadores tentam prever quais problemas futuros os usuários poderão enfrentar. Esta análise pode ser feita através de uma inspeção da interface ou em função de técnicas de modelagem;
- b) interpretativa: refere-se à análise de dados coletados, quando gerados pelos usuários a partir da sua interação com o sistema. Normalmente considera-se a análise interpretativa quando a coleta de dados é feita em um ambiente onde não há interferência de avaliadores, os quais buscam explicar os fenômenos que ocorreram durante a interação do usuário com o sistema;

- c) experimental: realiza-se quando os dados provêm de um ambiente controlado, como laboratórios, e precisam ser analisados em função das variáveis que estão sendo observadas. Apesar dessa análise também depender da interpretação, diferencia-se pelo fato de que as variáveis que estão sendo manipuladas são conhecidas.

2.7.3 Framework de avaliação

Para ajudar avaliadores sem experiência no planejamento e realização de uma avaliação de IHC, Barbosa e Prates (2003) e Preece, Rogers e Sharp (2005) propõem a utilização do esquema DECIDE, o qual é dividido em seis atividades com aspectos próprios:

- a) determinar os objetivos gerais da avaliação: refere-se ao fato de esclarecer quais são as perguntas gerais da avaliação e por que fazê-la;
- b) explorar as questões específicas: trata-se de decompor as perguntas gerais em perguntas específicas ao sistema a ser avaliado. Elas são necessárias para permitir que os objetivos da avaliação sejam alcançados;
- c) escolher os paradigmas e técnicas de avaliação que responderão as perguntas anteriores: entre os aspectos que devem ser considerados para escolha das técnicas e paradigmas, destacam-se o prazo, o custo, os equipamentos, grau de experiência dos avaliadores e principalmente estar em concordância com as perguntas específicas;
- d) identificar questões práticas que devem ser abordadas: considera-se aqui qualquer fator que influencie na realização ou elaboração do teste, como número e perfil dos usuários, local do teste, seleção de tarefas, planejamento e preparação do material de avaliação, equipamentos utilizados e outros;
- e) decidir como lidar com questões éticas: como os usuários estarão participando de testes, esses têm o direito de saber onde serão utilizados os dados gerados, qual a finalidade, quais são os termos de desistência e qualquer outro aspecto que envolva sua participação;
- f) avaliar, interpretar e apresentar os dados: significa como a avaliar e entender os dados gerados pela coleta e como apresentá-los para a verificação de resultados. É importante considerar aspectos como a confiabilidade dos dados e se ele mede o que deveria medir.

3 REALIDADE VIRTUAL, MISTA E AUMENTADA

Antes da existência dos computadores as pessoas já utilizavam das suas interfaces naturais para interagir com o mundo no seu dia a dia, onde naquela época era raro essa interação ser feita com máquinas. Com o advento do computador um novo processo de interação se abriu, surgindo novas tecnologias e interfaces.

Nesse contexto surgiram a RV, RA e a RM, abrindo novas possibilidades para a interação homem máquina. A seguir serão mostrados os conceitos, aplicações e histórico de cada tipo de realidade.

3.1 REALIDADE VIRTUAL

O termo RV foi criado em meados da década de oitenta, por Jaron Lanier, o qual era um artista e também cientista da computação que teve a capacidade de captar a essência da tecnologia de RV, a fusão do real com o virtual (BIOCCA; LEVY, 1995). Porém antes mesmo da criação deste termo, Ivan Sutherland criou na década de sessenta o primeiro capacete de RV, e foi precursor de uma série de pesquisas e desenvolvimento dentro desta área (PACKER, 2001). A figura 18 mostra uma imagem do capacete criado por Ivan Sutherland.

Figura 18 – *Head-mounted display* desenvolvido por Ivan Sutherland.



Fonte: Packer (2001).

Packer (2001) cita outro pioneiro na criação de sistemas imersivos, o cineasta Morton Heilig que na década de cinquenta foi considerado o primeiro a propor esse tipo de

sistema. A sua criação foi considerada o cinema do futuro e tinha o nome de sensorama. Neste aparelho o usuário era submetido a diversas sensações, como vento, sons, odores e outras experiências que nunca tinham sido proporcionadas por uma máquina, conforme ilustra a figura 19.

Figura 19 – Cartaz de divulgação do sensorama.



Fonte: Packer (2001).

A RV pode ser descrita como um ambiente tridimensional sintetizado por um computador, gerando a percepção de ambientes reais através de experiências imersivas e interativas (VINCE, 2004). Trata-se então de uma interface que leva o usuário a uma simulação em tempo real, de maneira que até seus cinco sentidos podem ser ativados.

Outra definição que também converge para o mesmo sentido descreve que RV é uma interface para sistemas computacionais, onde o usuário navega e interage em tempo real, usando um ambiente tridimensional gerado por computador e tendo experiências multisensoriais (KIRNER, 2011).

O ambiente de RV pode ser distinto em dois tipos, imersivo e não imersivo, dependendo do senso de presença do usuário. A RV imersiva é quando o usuário se vê totalmente imerso no domínio da aplicação, onde suas reações são captadas por dispositivos multisensoriais, que reagem provocando uma sensação de presença dentro do mundo virtual. Num exemplo de sistema imersivo o usuário contaria com um capacete e ao mover sua cabeça para todos os lados, veria todo o cenário virtual como se estivesse dentro dele conforme a figura 20 (KIRNER, 2006).

Figura 20 – RV imersiva com capacete.



Fonte: Kirner (2006).

A RV não imersiva consiste no fato do usuário ser transportado parcialmente ao mundo virtual, através de um monitor ou projeção. Neste caso o usuário ao olhar para os lados veria o mundo real, desta maneira sua experiência continua predominantemente no mundo real (figura 21).

Figura 21 – RV não imersiva com monitor.



Fonte: Kirner (2006).

Segundo Vince (2004) os sistemas de RV devem considerar os quatro elementos descritos a seguir:

- a) ambiente virtual: aborda as questões referentes à construção do modelo tridimensional, características dinâmicas do ambiente, características da iluminação e detecção de colisão;
- b) ambiente computacional: envolve as questões relativas ao processador, dispositivos de entrada e saída, banco de dados e as características de tempo real do sistema operacional;
- c) tecnologia de RV: esta relacionada com o hardware usado, como o rastreamento das mãos e cabeça, visualização, som e mecanismos de reação;

- d) formas de interação: consiste em reconhecer os gestos e voz, interfaces tridimensionais e a participação de vários usuários.

3.2 REALIDADE MISTA

Realidade mista ou realidade misturada pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais gerados por computador com o ambiente físico, contando com o apoio de algum dispositivo tecnológico em tempo real (KIRNER; TORI, 2004). Desta forma a realidade misturada incorpora objetos virtuais ao mundo real, sendo chama de RA ou leva os objetos reais ao mundo virtual, tendo o nome de virtualidade aumentada. Para melhor entendermos esses termos Sherman (2003) mostram na figura 22 a continuidade do ambiente real até chegar ao ambiente virtual.

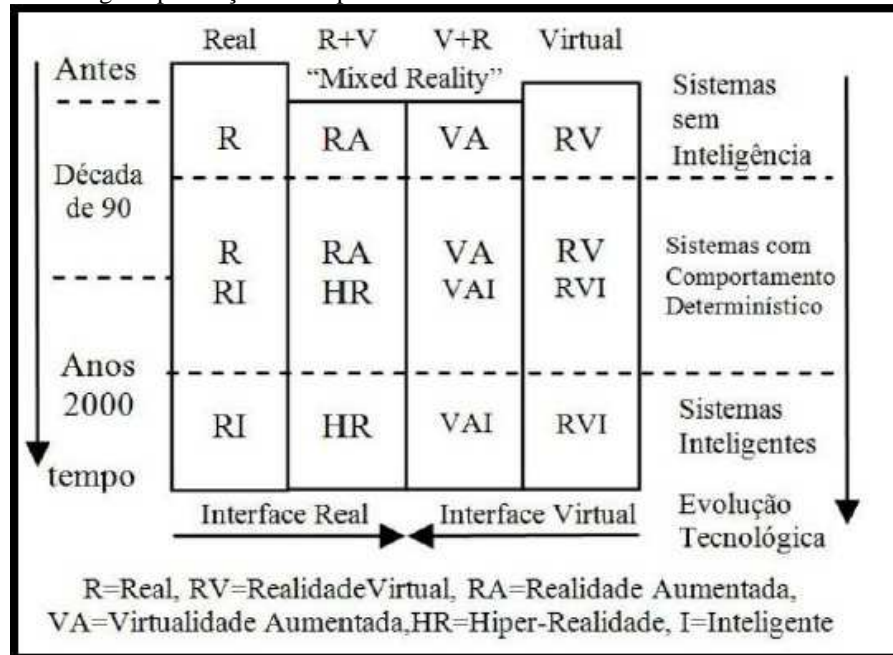
Figura 22 – Realidade e virtualidade contínuas.



Fonte: Sherman (2003).

Kirner e Kirner (2011) ampliam essa figura em duas dimensões, a cronológica e a tecnológica, demonstrando assim a influência da evolução tecnológica nas denominações. Na figura 23 eles sintetizam as influencias tecnológicas nas denominações dos sistemas reais, misturados e virtuais, levando em consideração em que época eles estão localizados e seu grau de inteligência.

Figura 23 – Evolução da transição do real para o virtual, em função do tempo e da tecnologia a presença do computador.



Fonte: Kirner e Kirner (2011).

A virtualidade aumentada é entendida como uma particularidade da realidade misturada, sua característica principal é mostrada quando a maior parte do ambiente é virtual. Também pode ser descrita quando um ambiente virtual é enriquecido com elementos reais pré-capturados, ou então capturados em tempo real. Além de elementos estáticos, também é possível a inserção de elementos dinâmicos, como mãos e pessoas para o ambiente virtual (KIRNER; TORI, 2006).

A RA faz parte também de outra particularidade da realidade misturada, porém por se tratar da ênfase deste trabalho será discutida de maneira mais extensa a seguir.

3.3 REALIDADE AUMENTADA

Com o avanço da tecnologia, a RA pode se destacar enriquecendo o ambiente físico com objetos virtuais. Ao contrario da RV que transporta o usuário para dentro do seu mundo, a RA transporta objetos virtuais para o mundo real, dessa maneira a interação aparece de maneira mais natural, sem necessidade de treinamento ou adaptação (KIRNER; TORI, 2006).

De acordo com Azuma (1997, tradução nossa), a primeira publicação científica sobre RA ocorreu em 1992, e neste mesmo ano é que foi criado o termo RA por Thomas Caudell. Neste artigo viu-se na RA uma solução para o problema de Caudell, pois essa tecnologia ajudaria os trabalhadores da fabrica de aviões a acessar diretamente os dados

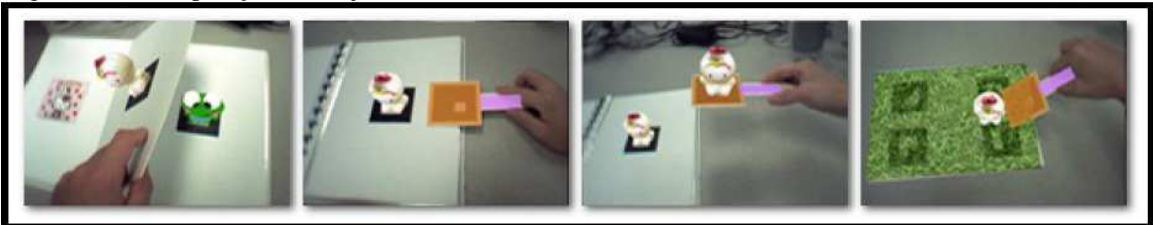
digitas durante a fabricação e montagem das peças, desta forma eliminando as despesas por erros de montagem. Os funcionários eram equipados com óculos especiais, que proporcionava um aumento do campo de visão do trabalhador (CAUDELL; MIZELL, 1992, tradução nossa).

A RA permite que o usuário veja o mundo real com elementos virtuais sobrepostos ou compostos, suplementando a realidade, não a substituindo por completo. Azuma (2001, tradução nossa) cita ainda que para um sistema ser considerado de RA ele precisa ter as seguintes características:

- a) combinar objetos reais e virtuais em uma ambiente real;
- b) funcionar de maneira interativa e em tempo real;
- c) registrar objetos reais e virtuais uns com os outros.

Outra definição dada a RA é feita por Kiner e Kiner (2007), na qual caracteriza-se pela inserção de objetos virtuais no ambiente físico em tempo real, feita com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando uma interface do ambiente real adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais. Considerando somente o sentido da visão, a RA permite que os objetos virtuais criados possam ser manuseados com a própria mão, proporcionando desta forma uma interação natural e atrativa com o ambiente, conforme a figura 24 (ZHOU, 2004).

Figura 24 – Manipulação dos objetos virtuais.



Fonte: Zhou (2004).

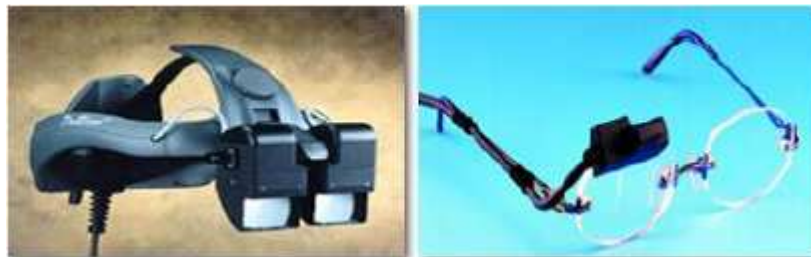
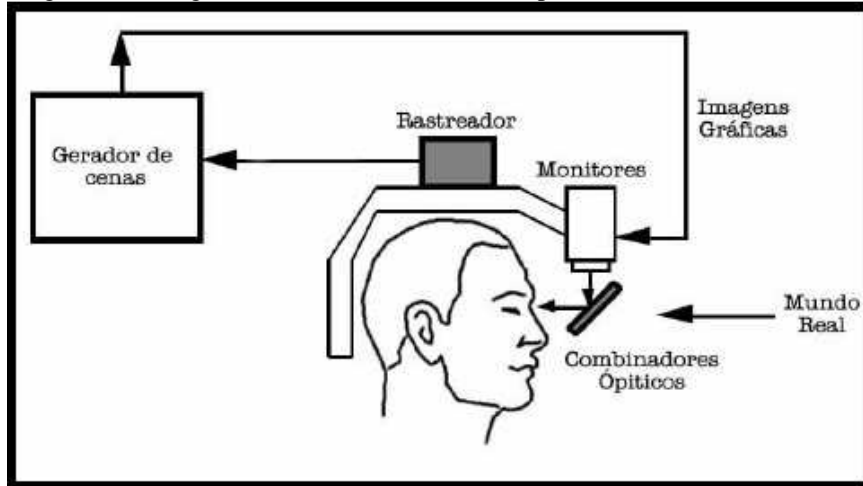
3.4 ARQUITETURA, TECNOLOGIAS E TÉCNICAS DE REALIDADE AUMENTADA

De acordo com Kirner e Zorzal (2005) e Azuma (1997 e 2001, tradução nossa), os sistemas de RA podem ser classificados conforme o tipo de dispositivo de visualização utilizado, envolvendo visão ótica ou visão por vídeo, dando origem a quatro tipos de sistemas:

- a) sistema de visão ótica direta;
- b) sistema de visão direta por vídeo;
- c) sistema de visão por vídeo baseado em monitor;
- d) sistema de visão ótica por projeção.

O sistema de visão ótica direta consiste em usar óculos ou capacetes com lentes, permitindo o recebimento da imagem real e ao mesmo tempo permitindo também a inserção de objetos virtuais ajustadas com a cena real. Um exemplo desse sistema é usar uma lente inclinada que permita a visão direta e que reflita a projeção de imagens geradas por computador diretamente nos olhos do usuário. Podemos ver o diagrama de funcionamento e um exemplo deste dispositivo na figura 25.

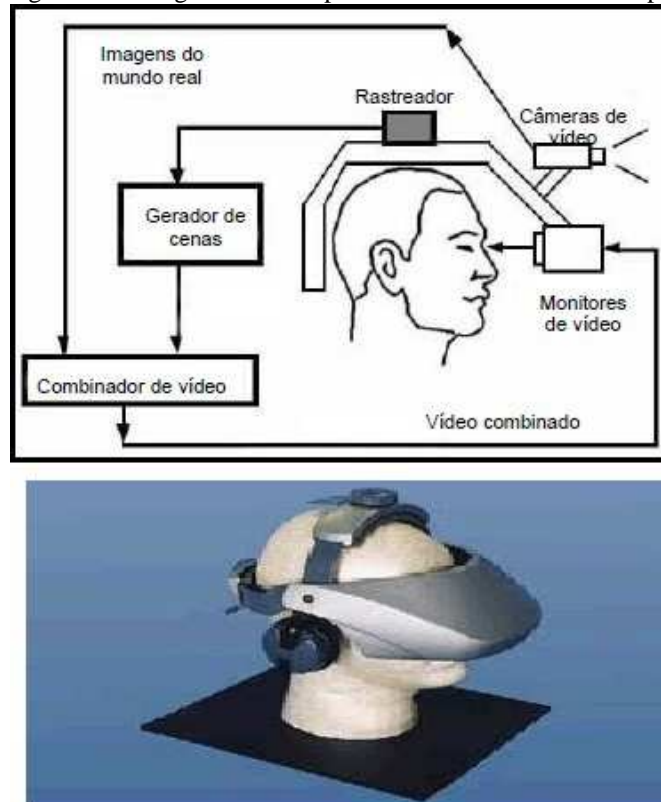
Figura 25 – Diagrama de funcionamento e exemplo do sistema de visão ótica direta.



Fonte: Zorzal (2009).

O sistema de visão direta por vídeo utiliza de capacetes com câmeras de vídeo acopladas, onde a imagem é capturada e misturada com os objetos virtuais gerados por computador, sendo apresentada diretamente nos olhos do usuário através de pequenos monitores colocados no capacete, ficando desta maneira totalmente imerso, pois não tem uma visão direta do mundo real. Uma das vantagens desse e do sistema de visão ótica direta são a portabilidade e conforto, já que é permitido o livre movimento do usuário. A figura 26 mostra o diagrama e um exemplo do dispositivo de visão direta por vídeo.

Figura 26 – Diagrama e exemplo do sistema de visão direta por vídeo.



Fonte: Zorzal (2009).

Oliveira (2011) cita algumas vantagens do sistema de visão direta sobre o sistema de visão de direta por vídeo e vice-versa:

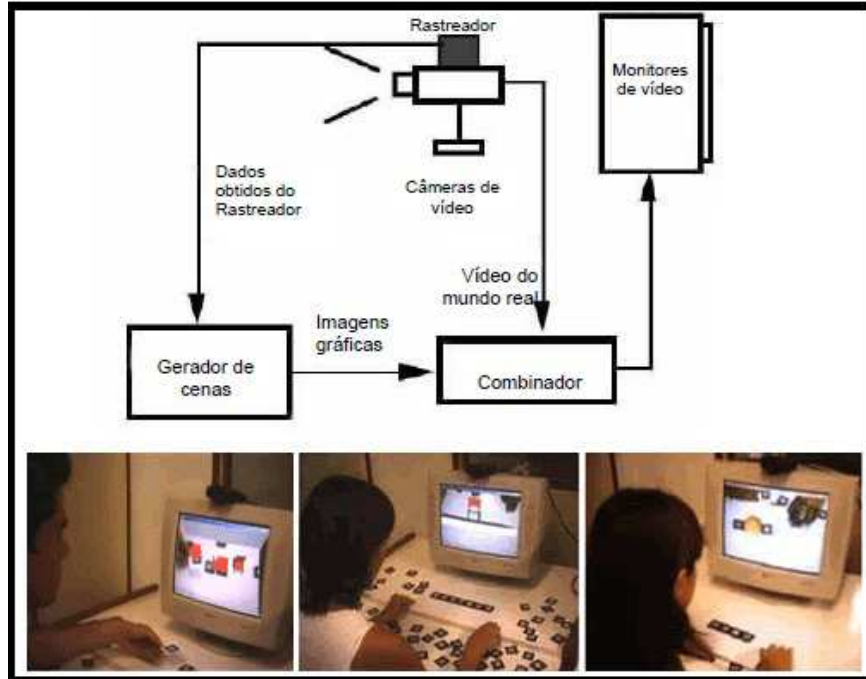
- a) custo é menor e sua produção é mais fácil, pois não é necessária sincronização do vídeo com os elementos virtuais;
- b) não há limite de resolução, pois o usuário vê o mundo com seus próprios olhos;
- c) a uma maior segurança, pois se acabar a fonte de energia, o usuário não fica com sua visão obstruída;
- d) não há um desvio da visão, o que acontece no sistema de vídeo, pois a câmera esta localizada acima dos olhos.

Já as vantagens do sistema de visão direta por vídeo sobre o sistema de visão direta seguem a seguir:

- a) facilidade de inserir elementos virtuais na cena real, pois tudo é baseado em vídeo, se tornando uma edição em tempo real;
- b) maior facilidade de controle de problemas relacionados a atraso entre o real e o virtual, pois todo processo é digitalizado;
- c) mais facilidade de igualar o brilho e contraste do virtual e do real.

O sistema de visão por vídeo, baseado em monitor, utiliza uma webcam para capturar a cena real. Com a imagem capturada, ela é misturada aos elementos virtuais e depois apresentada no monitor. Esse tipo de sistema pode usar um monitor fixo ou um portátil, como celulares, *smartphones* e *tablets*. Podemos ver seu diagrama e exemplo na figura 27.

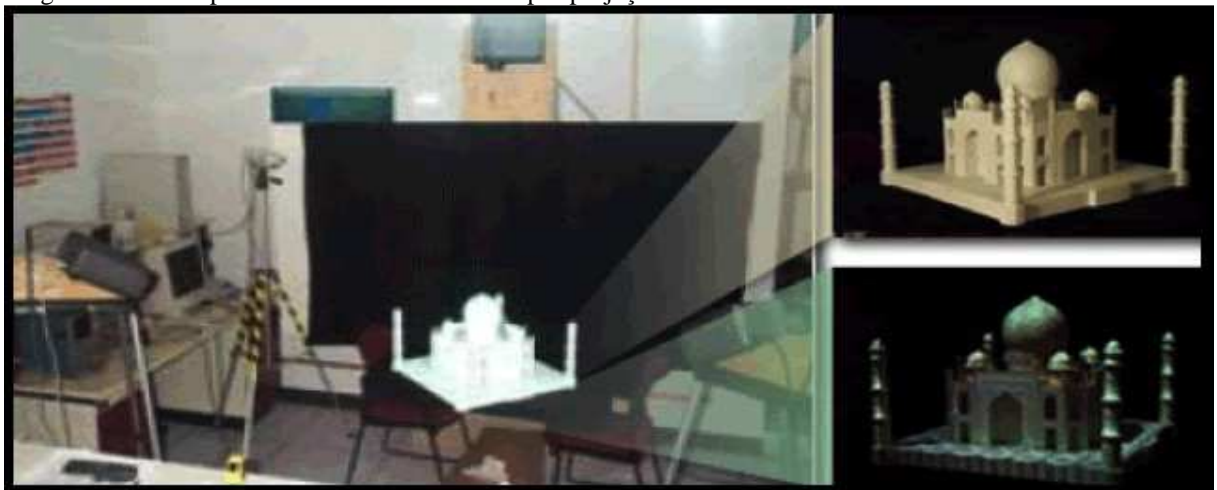
Figura 27 – Diagrama e exemplo do sistema de visão por vídeo, baseado em monitor.



Fonte: Zorzal (2009).

O sistema de visão ótica por projeção utiliza superfícies do ambiente real para projetar imagens dos objetos virtuais. Neste caso não há necessidade de usar nenhum equipamento específico para visualização, fazendo disso uma vantagem sobre os outros sistemas, porém ele está sujeito a condições do espaço real, pois necessita de uma superfície de projeção e um ambiente previamente preparado para sua utilização. Na figura 28 temos um exemplo desse sistema.

Figura 28 – Exemplo de Sistema de visão ótica por projeção.



Fonte: Zorzal (2009).

De acordo com Zorzal (2009) os sistemas de visão direta são mais indicados em situações onde pode haver perigo caso a perda da imagem ocorra, como por exemplo, uma pessoa andando pela rua. No caso em locais fechados, onde há controle da situação por parte do usuário o uso do sistema de visão por vídeo é adequado, pois não oferece perigo caso ocorra a perda da imagem. Esse último é mais barato e mais fácil de ser ajustado.

Os sistemas de RA estão em desenvolvimento e cada vez mais tecnológicos. A figura 29 mostra um estudo em que os pesquisadores desenvolveram um protótipo de lentes de contato com luzes e circuitos eletrônicos. O nome dessa tecnologia é *virtual retinal display*.

Figura 29 – *Virtual retinal display*.



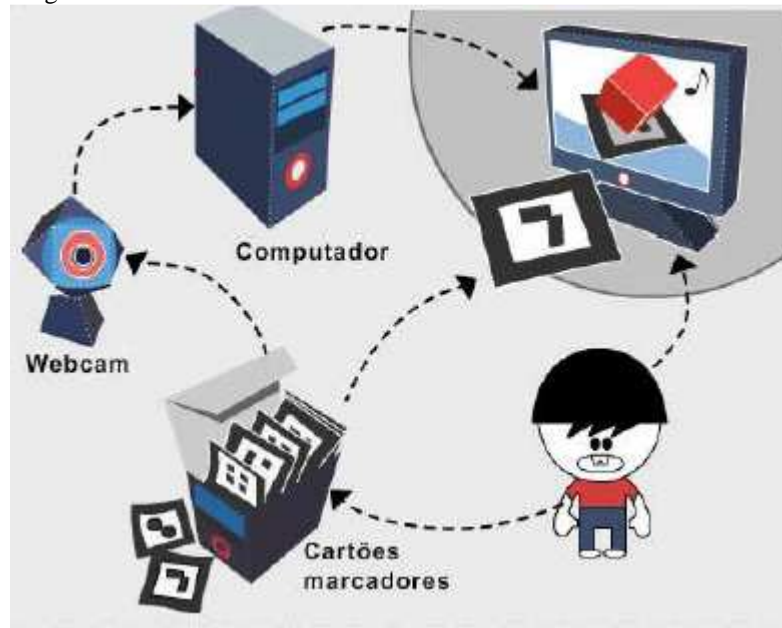
Fonte: Oliveira (2011).

Como podemos ver nos tipos de sistemas, o hardware de realidade aumentada pode usar dispositivos de realidade virtual, porém tende a obstruir os movimentos, que devem estar naturalmente incorporados no ambiente misturado. Em ambientes abertos, uma das alternativas em hardware para o rastreamento é o uso de GPS, sendo dada importância a duração da bateria, que seria um elemento importante no conforto do usuário (KIRNER; TORI, 2006).

Outro ponto importante referente ao hardware refere-se ao fato que o poder de processamento principal e das placas de apoio, deve ser suficiente para garantir a execução em tempo real de ações, como tratamento de vídeo, processamento gráfico e 3D, geração de imagens misturadas, incorporação de som e varredura de dispositivos de entrada com ênfase no rastreamento (KIRNER; TORI, 2006).

Vários autores, Azuma, 2001, Zorzal, 2009 e Kirner, 2011, convergem para o fato que o sistema de visão por vídeo, baseado em monitor tende a ser o mais utilizado. Isso se explica pelo fato de se usar recursos baratos e populares. Os componentes necessários para esse tipo de sistema são compostos de um computador, uma *webcam*, um display de visualização, no caso o monitor e os cartões marcadores. Uma ilustração desse sistema pode ser visto na figura 30.

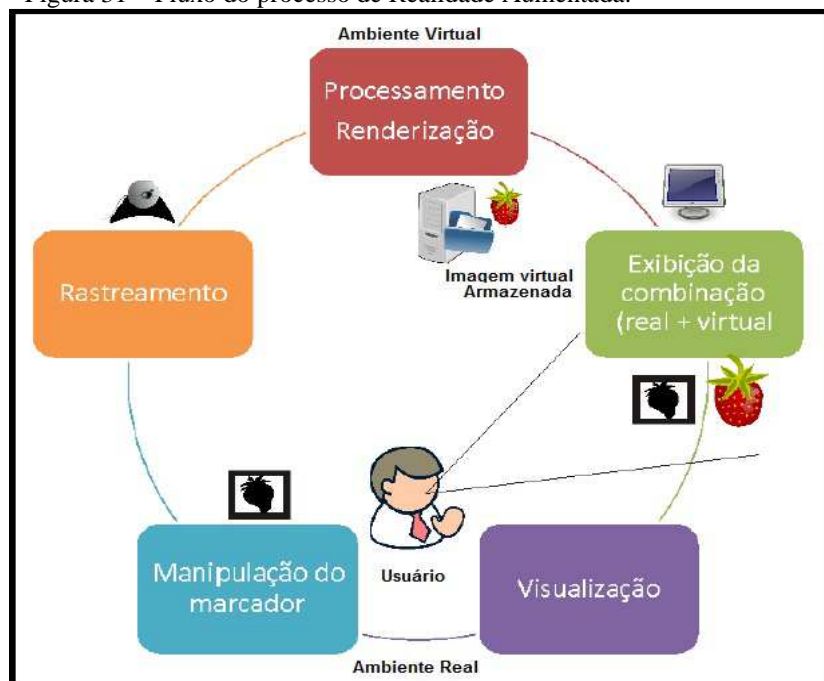
Figura 30 – Hardware básico de realidade aumentada.



Fonte: Adaptado de Correa (2001).

O processo de funcionamento desse sistema consiste na função da câmera rastrear o sinal e o movimento do marcador que será manipulado pelo usuário. Essa manipulação manda informações em tempo real para a unidade central de processamento do computador (CPU), que identifica o marcador e procura imagem a ser mostrada que tenha lhe sido atribuída. Após isso é mostrado essa imagem no monitor, sobreposta ao cartão marcador se misturando com o mundo real capturado pela *webcam* (CORREA, 2011). Um exemplo desse processo pode ser visto através da figura 31.

Figura 31 – Fluxo do processo de Realidade Aumentada.



Fonte: Correa (2011).

3.5 INTERAÇÃO E IMERSÃO EM REALIDADE AUMENTADA

Os sistemas de RA atuais vêm apresentando algumas tendências, essas tendências são referentes a explorar diferentes tipos de visualizadores e dispositivos e integrar o mundo virtual com o real usando interfaces tangíveis (AZUMA, 2001, tradução nossa). As interfaces tangíveis permitem interações diretas com o mundo físico, através das próprias mãos ou de objetos e ferramentas reais.

A interação em sistemas de RA consiste em que o usuário realize suas tarefas, interagindo de maneira natural com os objetos físicos e virtuais. A RA tem como uma característica forte a forma de interação. Broll et al (2005, tradução nossa) classificou quatro tipos de técnicas de interação para serem usadas em ambientes de RA:

- a) interação espacial: baseada na manipulação das propriedades espaciais dos objetos físicos. Realizada normalmente através de interfaces tangíveis, apontadores e gestos dinâmicos onde é permitido ao usuário interagir com os objetos virtuais usando uma manipulação natural dos objetos físicos. Um exemplo é esse cubo que cada vez que é girado faz a placa ao seu lado ficar mais enferrujada (figura 32);

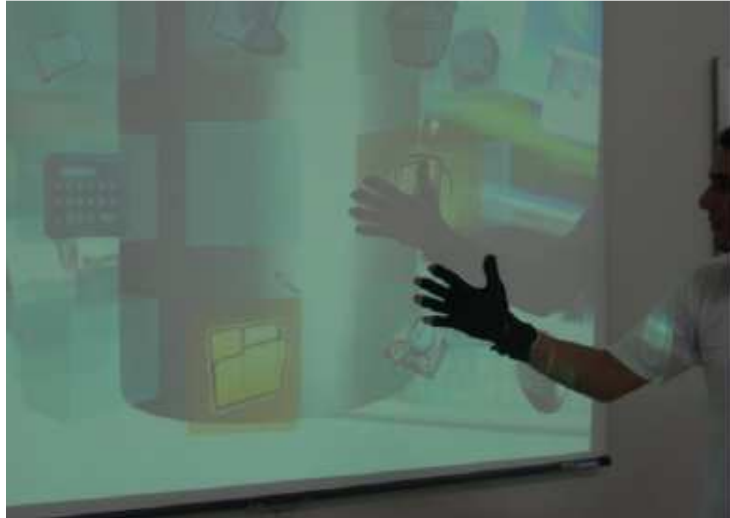
Figura 32 – Exemplo de interação espacial.



Fonte: Teichrieb et al (2006).

- b) interação baseada em comandos: essa técnica também é chamada de baseada em agentes, consiste em interpretar os gestos dos usuários. Nesse caso os gestos podem ser comandos de voz ou movimentos do corpo e mãos. Normalmente os sistemas que fazem o uso dessa técnica utilizam certas restrições de cenário, como cor e fundo, a fim de facilitar o rastreamento e reconhecimento dos comandos (TRUYENQUE, 2005). A figura 33 ilustra um dos modos de funcionamento desta técnica;

Figura 33 – Exemplo de interação baseada em comandos.



Fonte: Teichrieb et al (2006).

- c) interação por controle virtual: tem como base a manipulação de símbolos gráficos tridimensionais que funcionam como um controle, permitindo a interação entre o usuário e o computador. Essa técnica pode ser exemplificada através da figura 34;

Figura 34 – Exemplo de interação por controle virtual.



Fonte: Teichrieb et al (2006).

- d) interação por controle físico: baseia-se em controles e ferramentas físicas que permitem que o usuário manipule os elementos tanto do mundo físico quanto do mundo virtual (BROLL et al, 2005, tradução nossa). A figura 35 ilustra a aplicação dessa técnica.

Figura 35 – Exemplo de interação por controle físico.



Fonte: Farias et al (2006).

Azuma (2001, tradução nossa) cita alguns casos e situações onde pode ocorrer problema de interação em sistemas de RA:

- a) latência: Também conhecido como *delay*, é o tempo de inatividade entre estímulo e resposta, e pode causar erro de registro;
- b) percepção de profundidade: os problemas de se desenvolver um sistema sem especificar qual o tipo de monitor a ser usado (CRT, LCD ou LED) ou projetor pode implicar em conflitos, provocando que os objetos apareçam mais distantes do que realmente estão. O autor ressalta que a técnicas disponíveis para melhorar a percepção de profundidade;
- c) adaptação: refere-se ao uso de sistemas baseados em visão direta. Enquanto durante o uso a adaptação dos usuários é boa, no momento em que faz desuso do aparelho eles não apresentam bons resultados em tarefas de profundidade;
- d) fadiga e cansaço visual: baseia-se no fato da RA não ser aconselhável por longos períodos de tempo.

As diversas técnicas de interação usadas em ambientes de RA oferecem vantagens, dependendo do ambiente onde vai ser aplicada. Zorzal (2009) comenta que interações espaciais são adequadas para seleção e realização de transformações espaciais dos objetos virtuais. A interação baseada em comandos é muito utilizada em sistemas que utilizam diversos formatos de entrada como meios de interação. A interação por controle virtual se mostra como uma metáfora de utilização conhecida e a interação por controle físico faz uso da integração de ferramentas físicas na interface do usuário.

Além da interação, outra característica dos sistemas de RA é a imersão. De maneira simples a palavra imersão é definida pelo dicionário Aurélio (2004) como o ato de imergi-se, e traz consigo sinônimos como mergulhar, entrar e submergir. A partir deste entendimento, a palavra imersão pode ser utilizada tanto para se dizer que alguém esta imerso em água, ou num sentido mais figurado esta imerso em alguma atividade. Algumas definições mais aplicadas aos sistemas digitais foram dadas por diversos autores. Couchot (2003), diz que imersão é a capacidade de um sistema de trazer seus usuários para dentro da realidade por ele construída. Radford (2000, tradução nossa) descreve imersão como a habilidade de se entrar no jogo através de seus controles. Murray (1998) a define como a sensação de estar cercado por outra realidade, que toma toda a atenção e aparato perceptual. Pode-se dizer também que imersão é o grau de concentração que um indivíduo aplica na realização de uma determinada atividade. Essa atividade poderá explorar experiências nas quais os usuários podem utilizar seus sentidos, como audição, tato e visão, fazendo com que seja sentido um efeito de acoplamento, produzindo a sensação de imersão sensorial (SULER, 2008, tradução nossa).

Em uma visão mais abrangente, Mccloud (1994, tradução nossa) caracteriza a imersão aplicada aos sistemas de computadores de acordo com seu meio de comunicação, sendo classificada como perceptiva ou sensorial. A imersão perceptiva é recebida pelo usuário através de estímulos de linguagem, dessa maneira o usuário interpreta e compreende a informação transmitida baseando-se no conhecimento individual. Por outro lado, a imersão sensorial é recebida pelo usuário através de estímulos sensoriais, como visão, audição, tato, olfato e paladar.

De acordo com Hansen (2006, tradução nossa), os sistemas de RM convidam o usuário a participar com todo o seu corpo do momento interativo, o qual o foco está relacionado com a atividade motora, dessa forma explorando o sentido do tato. Esses usuários cansados dos clichês e das tecnologias comumente utilizadas procuram uma nova forma de percepção e sensação do corpo no momento interativo, explorando outros sentidos.

Os videogames utilizaram por muito tempo da imersão sensorial, a qual fazia uso de imagens extremamente realistas e sons multicanais no intuito de envolver o jogador no ambiente do jogo. Porém, Paul (2004) diz que esta abordagem remete a um comportamento obsoleto no sentido de interação homem-computador, padronizando comportamentos e atitudes por parte dos usuários. Essa afirmação pode ser observada na indústria de videogames atual, na qual os fabricantes buscam novas formas de explorar os sentidos humanos através de sensores e câmeras de movimento.

3.6 RASTREAMENTO E REGISTRO DE OBJETOS EM REALIDADE AUMENTADA

Os objetos do mundo real e virtual devem fazer parte do mesmo ambiente de RA de maneira harmônica ou então a ilusão de que os dois mundos coexistem estará comprometida. Para isso é necessário que uma câmera rastreie os sinais e a partir desse rastreamento construa o mapeamento de todos os objetos colocados no cenário real (TEXEIRA et al, 2010). Neste caso é necessário que os objetos virtuais se encaixem perfeitamente no ambiente real, de forma que o usuário tenha a sensação de um ambiente misto.

O registro ou o alinhamento dos objetos virtuais no ambiente de RA é feito com a ajuda de rastreadores ou *trackers*. Um dos problemas relacionados com rastreamento trata de como identificar a posição que o objeto virtual será colocado em cena e qual sua orientação. Neste caso para identificar este posicionamento, é necessário saber qual é a posição e orientação do usuário e para conseguir essa informação usa-se os equipamento rastreadores (SILVA, 2006).

Rastreadores são dispositivos que medem a distância e posição de um sensor em relação a fonte. Os dados que esses dispositivos produzem são mandados para o sistema de renderização e tem como objetivo inserir o objeto virtual na cena real de maneira realista e precisa. Abaixo serão apresentadas algumas características de rastreadores (HOLLOWAY, 1995, tradução nossa):

- a) precisão: representa a quantidade máxima de erro em uma medição. Por exemplo, um rastreador que tem um centímetro de precisão calculará posições com no máximo um centímetro de erro;
- b) resolução: o tamanho da menor unidade que o rastreador é capaz de medir;
- c) retardo ou *delay*: é o tempo gasto entre as leituras de entrada, processamento e passagem da informação para o computador. Grandes retardos fazem com que os objetos cheguem atrasados a sua posição de destino;
- d) taxa de atualização: mede o numero de dados que o rastreador consegue produzir por segundo. Taxas de atualização mais rápidas fazem com que as transições em uma animação sejam feitas de forma mais suave;
- e) infra-estrutura: rastreadores funcionam em conjunto a pontos de referência. Estas referências devem ser medidas em relação a outros objetos para fornecer coordenadas do mundo úteis para as aplicações;

- e) faixa de operação: rastreadores são limitados a operar no volume definido pela infra-estrutura do ambiente. Sinais emitidos por esses dispositivos são atenuados rapidamente o que limita sua faixa de operação a pequenas distancias;
- f) interferência: varias tecnologias usam fontes que emitem sinas que podem sofrer interferência do ambiente e outras fontes. Interferências externas podem ser difíceis de anular e podem afetar a precisão dos resultados;
- g) preço: o custo de um rastreador depende de sua complexidade e precisão.

Segundo Azuma (1997, tradução nossa) manter um registro preciso é um dos desafios no desenvolvimento de aplicações de RA. Ele observa que manter um registro preciso é importante não apenas para evitar conflitos de percepção visual, diminuindo assim a imersão, mas também porque erros de registro podem induzir a erro. Imagine duas portas, uma onde o usuário pode entrar e a outra não, um erro de registro nesse caso pode fazer com que o usuário entre na porta errada.

Os erros de registro podem ser divididos em duas categorias: estáticos e dinâmicos. Os erros estáticos são aqueles em que o ponto de vista do usuário se mantém imóvel e podem ser causados por distorções nos sistemas de aquisição ou rastreamento de posição. Esses tipos de erros podem na maior parte ser resolvidos com procedimentos de calibração ou substituição do equipamento usado (AZUMA, 1997, tradução nossa). Segundo Holloway (1995, tradução nossa) as principais fontes de problemas de registro estático são:

- a) distorção óptica: podem ocorrer tanto nas câmeras quanto nos dispositivos de visualização. Esse tipo de problema pode ser mapeado e compensado com o uso de lentes óticas ou digitalmente;
- b) erros no sistema de rastreamento: são as maiores causas de problemas de registro estáticos. Podem ser resolvidos utilizando um sistema de rastreamento mais preciso;
- c) desalinhamento mecânico: são causados pela especificação equivocada dos atributos de equipamentos. Podem ser resolvidos através de calibração e testes para adaptar o sistema aos novos atributos;
- d) parâmetros incorretos: acontece quando os parâmetros de visão são passados incorretamente para o sistema.

Os erros de registro dinâmico são na maior parte causados por problemas de latência ou *delay*. Ocorrem quando os sistemas de RA demoram atualizar a posição e orientação dos objetos virtuais de acordo com informações obtidas dos mecanismos de

rastreamento. Holloway (1995, tradução nossa) cita que reduzir o atraso do sistema é o ponto chave, pois se o atraso for anulado o problema do registro dinâmico é eliminado. Para isso pode-se usar técnicas que melhoram a latência sacrificando a vazão ou utilizar equipamento melhores que reduzem o atraso.

3.7 SOFTWARES E BIBLIOTECAS PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA

Ao mesmo tempo em que a RA necessita recursos de hardware, ela também impõe diversos desafios de software na medida em que são desenvolvidas aplicações mais complexas. Os softwares de RA são usados tanto na fase de preparação do sistema, como ferramenta de autoria, quanto na fase de execução, com o um suporte em tempo real. Na fase de autoria os softwares de RA podem ser usados para implementar objetos virtuais e integrá-los no ambiente real, podendo ser incluídos comportamentos (KIRNER; TORI, 2006).

Como sistema de suporte em tempo real o software de RA fornecer o rastreamento dos objetos, tanto estáticos quanto moveis, e ajustar os objetos virtuais no cenário, estejam eles em pontos de vista fixos ou em movimento. O software de RA também deve permitir a interação do usuário com os objetos reais e virtuais em tempo real. Esse suporte em tempo real deve atuar no controle da animação dos objetos virtuais colocados no cenário e cuidar da visualização da cena misturada (KIRNER; TORI, 2006). A seguir serão apresentadas algumas ferramentas para o desenvolvimento de sistemas de RA.

3.7.1 ARToolKit

O *Augmented Reality Toolkit* (ARToolKit) é uma biblioteca com código aberto e gratuita que foi feita para desenvolver aplicações para RA. Nela é usada visão computacional para reconhecimento de padrões e inserção de objetos virtuais no ambiente real.

A ARToolKit utiliza-se de diversos procedimentos para conceder soluções para o ambiente de RA. Esses procedimentos se iniciam quando a imagem é capturada pela câmera e transformada em valores binários (preto e branco). Logo após essa imagem é analisada pelo software, que procura por regiões quadradas que possam indicar a existência de uma marca. Quando essa procura encontra uma marca reconhecida, ela examina o interior da mesma fazendo uma busca pelo símbolo desenhado. Depois disso é comparado o símbolo encontrado, com os símbolos previamente cadastrados na biblioteca. Por fim se essa comparação termina

com um resultado positivo, ou seja, é encontrada similaridade entre o símbolo encontrado com os símbolos pré-cadastrados, o ARToolKit calcula a posição do marcador e a sua orientação, gerando uma matriz que contém as coordenadas reais da câmera em relação ao marcador. Essa matriz é usada para calcular a posição das coordenadas da câmera virtual, que se forem iguais às coordenadas da câmera real, fazem com que o objeto seja inserido sobre o marcador real (ZORZAL, 2009). A figura 36 mostra um diagrama desse processo e a figura 37 ilustra a ARToolKit em funcionamento.

Figura 36 – Fluxo de processo do ARToolKit.



Fonte: ARToolKit (2012,).

Figura 37 – Ilustração do funcionamento da ARToolKit.



Fonte: Kirner e Tori (2006).

Fortemente baseada no ARToolKit tem-se o ARToolKit plus, que é uma biblioteca que apresenta algumas melhorias, como usar computações de ponto fixo ao invés de ponto flutuante, melhorando assim o desenvolvimento de aplicações em dispositivos móveis. Os marcadores dessa biblioteca são semelhantes a da ARToolKit, porém diferem no desenho interior, que consiste em uma codificação do identificador do marcador. Outra importante características dessa biblioteca é a utilização de limiar adaptativo, uma técnica que

permite o ajuste automático do sistema de detecção dos marcadores conforme as alterações sofridas pela luz do ambiente (ZORZAL, 2009).

3.7.2 ARTag

O ARTag é uma biblioteca que também é baseada no ARToolKit, porém conseguiu resolver alguns problemas de detecção de marcadores que eram encontrados, como os descritos a seguir (ZORZAL, 2009):

- a) falso positivo: o sistema acusa a presença de um marcador, mas ele não existe;
- b) falso negativo: o sistema não acusa a presença de um marcador, mas ele existe;
- c) confusão: o marcador que é identificado ambiente é um, porém o sistema o identifica como outro.

Outras otimizações da biblioteca ARTag são a diminuição do processamento requerido para identificação de um marcador e detecção de presença de oclusa e controle de luz. A figura 38 apresenta *Magic Mirror*, que foi desenvolvido utilizando a biblioteca ARTag.

Figura 38 – Sistema *Magic Mirror*.



Fonte: Zorzal (2009).

3.7.3 DART

O *Designer Augmented Reality ToolKit* (DART) é uma ferramenta de autoria para construção de conteúdos multimídia. Usa-se como base um conjunto de extensões do ambiente de programação Adobe Director, em que essas extensões são escritas em linguagem LINGO e C++, além de usar como suporte para a captura de vídeo, rastreamento e para o processo de reconhecimento de marcadores a biblioteca ARToolKit. O DART tem como característica a criação rápida de ambientes de RA (Zorzal, 2009).

Este projeto é voltado para aplicações onde a mídia gerada por computador é diretamente integrada a percepção dos participantes. Um problema é que apesar de estar disponível para uso livremente, ela exige o Adobe Director, que é um software comercial. Segue a seguir a figura 39, um exemplo de aplicação criada com o DART.

Figura 39 – Aplicação com DART.



Fonte: Zorzal (2009).

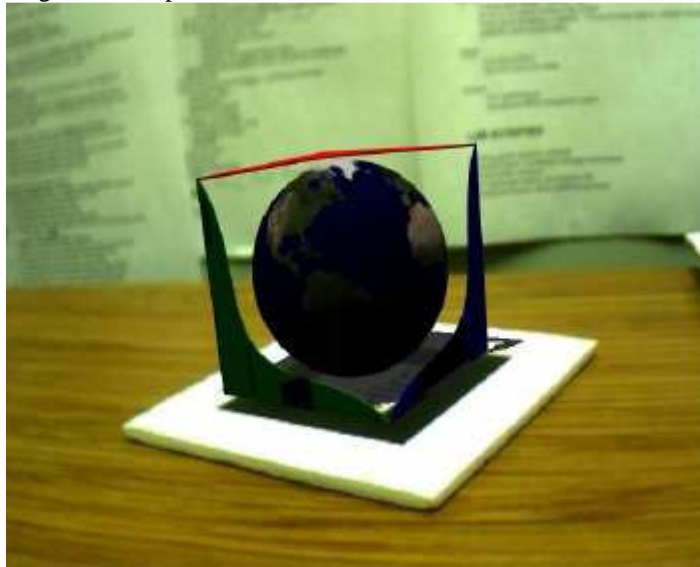
3.7.4 OSGART

A biblioteca OSGART facilita o desenvolvimento de aplicações de RA. Ela combina as funções detecção e rastreamento de marcadores da ARToolKit com outra biblioteca, a OpenSceneGraph, que fica com a função de construção de modelos virtuais. A OSGART possibilita a criação de objetos virtuais com alta qualidade de renderização e permite a importação e exportação de arquivos gerados pelo 3D Studio Max e Maya. Outras características que se destacam na ORSGART são (ZORZAL, 2009):

- a) facilidade de integração com vídeos;
- b) suporte a várias entradas de vídeo;
- c) suporte a técnicas de renderização de sombras;
- d) suporte a múltiplos marcadores;
- e) é feita pelo paradigma orientado a objeto e tem suporte a varias linguagens de programação.

A seguir podemos ver a ilustração de um aplicativo desenvolvido com o OSGART (figura 40).

Figura 40 – Aplicativo desenvolvido com OSGART.



Fonte: Zorzal (2009).

4 TRABALHOS CORRELATOS

Este capítulo tem o objeto de apresentar diversos trabalhos correlatos. Os assuntos aqui abordados tratam de IHC, imersão sensorial, avaliação de interfaces interativas e RA.

4.1 IMPLANTANDO A RA EM INSTRUÇÕES DE USO SOBRE UM NOVO PRODUTO

Este trabalho foi apresentado a Universidade Federal do Paraná e foi realizado em 2012 por Deise Albertazzi Gonçalves, e seu objetivo foi buscar um novo método para instruir o usuário a aprender como operar um produto. Esse método foi baseado em um jogo sério, que tem como objetivo principal instruir, não divertir.

Foi proposto que o usuário usa-se o ambiente de RA para interagir com o produto, beneficiando-se do contato direto com esse produto e também das instruções guiadas de forma interativa. Gonçalves (2012) utilizou de análise de variância para comparar os resultados obtidos entre os grupos que aprenderam a utilizar o produto, no caso um aspirador de pó, de maneira comum, utilizando de manual e vídeo explicativo, e outro grupo que aprendeu através do uso de realidade aumentada.

Foram obtidos resultados satisfatórios mostrando que o uso do jogo sério em realidade aumentada apresenta um melhor desempenho dos participantes em relação aos usuários dos outros grupos.

4.2 COLOSSUS ARENA: PROTÓTIPO DE GAME USANDO RA

Esta pesquisa constitui no desenvolvimento de um protótipo de jogo utilizando de RA. O objetivo de William Xavier de Almeida, autor da pesquisa, era permitir um novo modelo de integração do jogador com a máquina, bem como uma jogabilidade diferenciada e mais intuitiva.

Almeida (2011) utilizou da biblioteca NyARToolkit, que tem como base a ARToolKit, sendo que o único modo de manipulação das peças do jogo é através dos marcadores, agindo dessa forma como cliques e botões.

Foi obtido um resultado satisfatório, principalmente no potencial que demonstra o jogo em relação à interação e imersão. Ele foi testado em dezenove crianças que jogaram e deram suas sugestões para melhoria do jogo. O problema encontrado por Almeida (2011) foi em relação à documentação e literatura técnica limitada sobre RA, bem como a questão de

tempo e número de membros da equipe, tornando-se difícil a implementação em jogos de maior porte.

4.3 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA

Este trabalho desenvolvido por Angela Eika Pimentel Amado e foi apresentado em 2007 para a Universidade de Aveiro. Seu principal objetivo foi verificar a possibilidade de se utilizar métodos e técnicas de avaliação de usabilidade em ambientes de RV e RA.

Com base no levantamento bibliográfico feito nas áreas de RV, RA, usabilidade e avaliação de interfaces interativas, Amado (2007) desenvolveu duas experiências controladas, uma utilizando RV em um jogo, o qual tinha como objetivo comparar o desempenho dos utilizadores, e a outra com base na RA, cujo objetivo era coletar dados qualitativos a partir da opinião dos usuários.

Apesar das diferenças encontradas nas características específicas da RA e da RV, a pesquisa pôde concluir que é possível utilização de métodos de avaliação de usabilidade em ambientes de RA e RV.

4.4 UMA METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE INTERFACES DE REALIDADE MISTA INTERATIVAS

Tendo como base a avaliação de usabilidade de interfaces, essa dissertação de mestrado foi apresentada por Nacha Costa Bastos, cujo objetivo foi propor uma metodologia para avaliação interfaces de realidade mista.

A partir do levantamento bibliográfico, Bastos (2007) explorou os principais conceitos de interfaces de usuários, técnicas de interação em ambientes mistos e virtuais e avaliação de usabilidade.

Foram explicados e utilizados diversos métodos para criação da metodologia de avaliação, e ao final, foi feito um estudo de caso onde foi a metodologia criada foi aplicada. Com os resultados obtidos durante a avaliação pôde-se concluir, no que diz respeito aos usuários, que muita pesquisa ainda deve ser feita para consolidação das interfaces GUI em aplicações que utilizam de realidades mistas, no qual inexistente um padrão de metodologia a ser adotada.

Nesse contexto, Bastos (2007) afirma que a metodologia proposta mostra ser válida para avaliar usabilidade de aplicações de realidade mista interativa, sendo que seria importante sua aplicação em outros ambientes com características diferentes, identificando dessa forma sua adequabilidade.

5 AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO E IMERSÃO NA REALIDADE AUMENTADA

A principal característica de um sistema de RA é o envolvimento do usuário por meio da interação e imersão sensorial. A validação destas características envolve a observação de parâmetros humanos e requisitos funcionais e não funcionais presentes no sistema a partir de uma avaliação subjetiva e de experiência de uso. A avaliação do sistema de RA tem como foco observar:

- a) atendimento das capacidades e limitações dos seres humanos e de suas necessidades específicas na execução de tarefas;
- b) custo e benefício do hardware e o software utilizado no ambiente virtual;
- c) melhorias e acréscimos significativos na execução das tarefas com uso de RA.

Nesse contexto, a avaliação deverá considerar (KIRNER; PINHO, 2012):

- a) a atuação dos dispositivos e os fatores ergonômicos gerais;
- b) os aspectos gráficos e sua influência na visão;
- c) a influência e a discriminação das cores;
- d) os aspectos visuais;
- e) as questões auditivas;
- f) as questões de tato e força;
- g) o comportamento, o desempenho e as consequências da simulação; e
- h) outras características específicas da aplicação.

Este capítulo tem como foco descrever a metodologia de desenvolvimento do presente trabalho de conclusão de curso e apresentar a aplicação prática dos conceitos e técnicas abordados na fundamentação teórica. O objetivo do desenvolvimento prático foi a avaliação da imersão e interação de usuários em um ambiente de RA a partir da observação, relato de experiência de uso e teste com usuários. Para isso foram realizados testes comparando o uso de uma aplicação de jogos de cartas em três diferentes cenários: real, virtual e RA.

5.1 METODOLOGIA

Dentro das linhas de pesquisa do curso de Ciência da Computação, este trabalho se insere nas áreas de IHC e RA.

As etapas que fazem parte do desenvolvimento desta pesquisa são: levantamento bibliográfico e estudo de caso objetivando a avaliação da imersão e interação de usuários em

um ambiente de RA baseado em jogos de cartas, comparando três cenários distintos: real, virtual e com RA.

5.1.1 Levantamento bibliográfico

A pesquisa bibliográfica abordou os seguintes objetos de estudo: Interação Humano-Computador, Imersão e Interação em Realidade Aumentada e Avaliação de Interface Interativa. Os temas foram pesquisados a partir das abordagens realizadas em teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso, artigos científicos, livros e sites oficiais das tecnologias.

A partir do levantamento bibliográfico foi possível atender os seguintes objetivos específicos:

- a) compreensão de IHC e RA a partir da definição dos principais conceitos, arquitetura e exemplos de aplicação – Capítulo 2 e 3;
- b) identificação e descrição dos métodos e técnicas para avaliação de interfaces interativas – Capítulo 2;
- c) descrição da arquitetura de funcionamento da RA e suas características – Capítulo 3;
- d) definição e identificação de características de imersão e interação em ambientes de RA – Capítulo 3.

5.1.2 Estudo de caso

O estudo de caso deste trabalho realizou uma avaliação com usuários finais, qualificando e quantificando sua interação e imersão em ambientes de RA aplicada em jogos de cartas. As etapas do estudo de caso consistiram na definição da metodologia de avaliação; identificação do jogo e dos ambientes a serem utilizados no teste; perfil de usuários da avaliação; descrição do roteiro e materiais de teste com usuários; e discussão dos resultados da avaliação.

5.1.2.1 Metodologia de avaliação

A partir do levantamento bibliográfico feito nesta pesquisa, optou-se em utilizar o *framework* DECIDE de Preece, Rogers e Sharp (2003) para avaliação. Dessa forma a

metodologia aplicada neste trabalho consistiu em alcançar o seguinte objetivo: avaliar a interação e imersão na RA. Nesse sentido foi possível conseguir os seguintes objetivos específicos:

- a) obter dados qualitativos referentes à imersão sensorial com a observação do envolvimento do usuário na aplicação de RA considerando os aspectos gráficos, cor e som;
- b) obter dados qualitativos referente interação do usuário com o sistema de RA, a partir do comportamento, capacidade reativa, tato e dispositivos utilizados;
- c) obter dados quantitativos sobre o número de erros durante a realização de determinada tarefa;
- d) obter dados quantitativos sobre o tempo gasto para realização de determinada tarefa;
- e) registrar aspectos sobre a satisfação subjetiva do usuário.

Visando alcançar esses objetivos foram utilizadas técnicas de usabilidade, as quais são descritas a seguir:

- a) observação: nesse método o avaliador observou os usuários e fez uso de gravações de vídeos e anotações em papel, os quais foram posteriormente analisados. Foi utilizada a técnica de “pensar em voz alta” de Erikson e Simon (1985), a qual as pessoas devem dizer em voz alta o que estão pensando. Esse método foi utilizado para estabelecer indicadores qualitativos de interação e imersão;
- b) testes com usuários: nessa técnica os usuários foram convidados a realizar tarefas pré-determinadas pelo avaliador, obtendo dados quantitativos e qualitativos de interação e imersão;
- c) opinião dos usuários: foi realizado um questionário estruturado após o usuário fazer o uso do ambiente testado, obtendo-se mais dados qualitativos e quantitativos.

5.1.2.2 Ambiente de teste

O cenário para avaliação consistiu em utilizar três tipos de ambientes de trabalho, real, virtual e com RA. Nesse contexto o jogo escolhido foi um que estivesse presente em todos esses cenários, se tratando de um jogo de mesa, mais especificadamente de cartas colecionáveis. Sendo composto por cartas, na qual cada uma tem seus atributos específicos, as

quais são dispostas em uma mesa conforme o jogo evolui, dessa maneira determinam-se quem é o ganhador ou perdedor dependendo do atributo de cada carta.

Os ambientes que foram utilizados diferem na maneira em que o usuário interage com o mesmo, desta forma proporcionam experiências imersivas diferentes. A seguir serão descritos os ambientes utilizados:

- a) real: neste ambiente os jogadores utilizam de suas mãos para colocar as respectivas cartas na mesa, não havendo nenhum tipo de tecnologia envolvida, dessa maneira fica a cargo da imaginação visualizar as batalhas dos personagens. Os resultados determinando quem ganha ou perde é também apresentado pelos próprios jogadores. Nesse caso o jogo de cartas colecionáveis usado será o *Magic: The Gathering*, em que o único requisito é referente ao número de jogadores, onde são obrigatórios no mínimo dois usuários, ao contrário dos outros modelos, onde há possibilidade se de jogar contra o computador;
- b) virtual: neste cenário os jogadores utilizam de um computador *Desktop* para jogar, interagindo com o mesmo através do mouse e teclado. Todo ambiente, inclusive as cartas, são criados pelo computador e sua visualização é feita através de um monitor. Nesse modelo os usuários contam com recursos visuais mais elaborados e com recursos auditivos, os quais eram ausentes no ambiente anterior. O jogo utilizado será *Magic: The Gathering – Planeswalkers 2013*, que roda na plataforma *Windows*;
- c) baseado em RA: neste caso o usuário utiliza da RA para misturar os dois ambientes descritos acima, fazendo o uso de suas cartas físicas, colocando-as em cima de uma mesa. Essas cartas contam com um marcador de RA, no qual o mesmo é identificado pela *web cam*, fazendo com que elas ganhem “vida” e sejam visualizadas através de um monitor. Dessa maneira o usuário tem estimulação tanto no sentido tátil, quanto auditivo e visual. Foi utilizado como hardware um console da *Sony*, o *Playstation 3*, e uma câmera, a *Playstation Eye*, a qual é compatível com o console em questão. Dentre os recursos de software, foi usado o jogo *Eye of The Judgement*, o qual vem acompanhado de cartas e um pequeno tabuleiro.

5.1.2.3 Perfil dos usuários

Para avaliação dos diferentes ambientes foram selecionados usuários, os quais deveriam ter ao menos um conhecimento básico em informática. Eles foram divididos em três diferentes perfis de acordo com as metas da avaliação. Esses perfis são: principiante, intermediário e experiente, sendo que os usuários foram separados baseados no nível de experiência de cada um, conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Características dos perfis de usuários do teste.

	Principiante	Intermediário	Experiente
Conhecimento em jogos de cartas colecionáveis	Não	Básico / Intermediário	Intermediário / Avançado
Conhecimento em informática	Básico / Intermediário	Intermediário / Avançado	Intermediário / Avançado
Conhecimento em realidade aumentada	Não	Não	Básico / Intermediário

Fonte: Do autor.

5.1.2.4 Descrição do roteiro de teste

Os usuários passaram por diversos procedimentos e testes, de forma que todos testaram os três tipos de sistemas, reduzindo assim o numero de utilizadores e os efeitos provenientes de diferenças pessoais (PREECE, ROGERS; SHARP, 2005). O Apêndice C contém a lista de tarefas que cada participante teve que fazer para cada ambiente.

Além das tarefas, os participantes responderam questionários de avaliação. A seguir será descrito o roteiro que foi adotado para a realização dos testes:

- a) o avaliador recebe o participante, o cumprimenta e o convida a sentar-se;
- b) o avaliador entrega ao participante o Questionário para Identificação de Perfil;
- c) o avaliador explica que não é o participante que está sendo avaliado, e sim a interface;
- d) o avaliador entrega a folha de Instruções ao Participante, essa contém informações sobre como funcionam os ambientes testados e o que o participante irá avaliar;

- e) o avaliador descreve o ambiente que será testado naquele momento;
- f) o avaliador lê a Lista de Tarefas;
- g) o avaliador passa para próxima tarefa somente quando o participante terminar a anterior ou desistir, seguindo até que a lista termine;
- h) o avaliador anota durante a execução das tarefas dados qualitativos, quantitativos, de satisfação e observações de acordo com a Folha do Avaliador;
- i) após a realização de todas as tarefas o avaliador entrega o Questionário de Avaliação daquele ambiente ao participante, deixando-o a vontade;
- j) após o termino do questionário de avaliação, o avaliador agradece a participação do usuário;
- l) o roteiro é repetido da letra e a j até que todos ambientes sejam testados.

5.1.2.5 Materiais de teste

Nesta seção estão contidos os materiais utilizados no teste de avaliação de interação e imersão:

- a) Questionário para Identificação do Perfil (Apêndice B): é entregue ao participante para ser respondido. Contém questões referentes ao nível de conhecimento e experiência dos usuários;
- b) Instruções ao Participante (Apêndice A): texto lido pelo avaliador ao participante com instruções sobre como proceder durante o teste;
- c) Lista de Tarefas (Apêndice C): texto lido pelo avaliador, o qual contém as tarefas que deveram ser executadas pelo participante;
- d) Folha do Avaliador (Apêndice E): formulário que o avaliador utiliza para registrar o tempo, erros e observações decorridos durante a realização das tarefas;
- e) Questionário de Avaliação (Apêndice D): tem por objetivo coletar métricas quantitativas e qualitativas do ambiente;
- f) câmera de gravação: tem por objetivo capturar vídeos dos usuários interagindo com o sistema.

5.1.2.6 Resultados obtidos

A coleta dos dados foi feita com seis utilizadores diferentes, os quais foram convidados pelo avaliador a participar do teste. A primeira etapa consistiu nos usuários responderem o questionário de identificação de perfil, o qual tem todos seus dados mostrados no Apêndice F. Esse questionário foi importante para avaliar o nível de experiência e conhecimento dos participantes, podendo assim dividi-los nos três diferentes perfis. Dentre os seis utilizadores que participaram dos testes, todos já tinham experiência prévia no uso de computadores a mais de um ano e faziam uso dele constantemente, tanto para atividades do dia a dia, quanto para jogar, conforme os quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Frequência de uso do computador

Frequência de uso do computador	Número de usuários
Diariamente	5
Algumas vezes por semana	1

Fonte: Do autor.

Quadro 4 – Frequência do uso do computador para jogar.

Frequência de uso do computador para jogar	Número de usuários
Diariamente	5
Algumas vezes por semana	1

Fonte: Do autor

Foi pedido aos participantes também que avaliassem seu nível de conhecimento em informática, suas considerações são expostas no quadro 5.

Quadro 5 – Nível de conhecimento em informática.

Nível de conhecimento em informática	Número de usuários
Básico	2
Intermediário	3
Avançado	1

Fonte: Do autor.

Outra questão solicitada aos usuários foi responderem que nível de experiência e conhecimento possuíam acerca dos jogos de cartas colecionáveis, cujas respostas podem ser vistas nos quadros 6, 7 e 8.

Quadro 6 – Experiência em jogos de cartas colecionáveis.

Experiência em jogos de cartas colecionáveis	Número de usuários
Sim	4
Não	2

Fonte: Do autor.

Quadro 7 – Frequência de uso em jogos de cartas colecionáveis

Frequência de uso em jogos de cartas colecionáveis	Número de usuários
Algumas vezes por mês	3
Ocasionalmente	1

Fonte: Do autor.

Quadro 8 – Nível de conhecimento em jogos de cartas colecionáveis.

Nível de conhecimento em jogos de cartas colecionáveis	Número de usuários
Básico	2 usuários
Intermediário	2 usuários

Fonte: Do autor.

Com relação ao conhecimento e experiências em RA, três dos seis participantes já tinham tido algum tipo contato com esta tecnologia.

A última questão do questionário de avaliação de perfil se referia ao nível de familiaridade do participante com a língua inglesa. Essa pergunta se fez necessária, pois os jogos de cartas no ambiente virtual e com RA são feitos em inglês. No quadro 9 pode-se ver o resultado dessa questão.

Quadro 9 – Nível de familiaridade com a língua inglesa.

Nível de familiaridade com a língua inglesa	Número de usuários
Péssima	1
Regular	3
Boa	2

Fonte: Do autor.

Com a coleta de todos os dados do questionário de identificação, foi possível definir a classificação dos usuários nos perfis principiante, intermediário e experiente, ficando composta conforme o quadro 10.

Quadro 10 – Divisão dos usuários em perfis, baseado no nível de experiência e conhecimento.

Perfis dos usuários	Usuários
Principiante	2 e 4
Intermediário	1 e 5
Experiente	3 e 6

Fonte: Do autor.

Esse se mostrou um bom cenário para avaliação, no qual todos os participantes tinham um conhecimento prévio em informática, e a maioria deles um nível aceitável de inglês.

A segunda etapa a que os usuários foram submetidos consistiu em fazer tarefas pedidas pelo avaliador, as quais tinham o intuito de reunir dados quantitativos e qualitativos dos três tipos de ambientes. Todos os dados coletados nas quatro tarefas foram extraídos através da técnica de observação e estão contidos no Apêndice G.

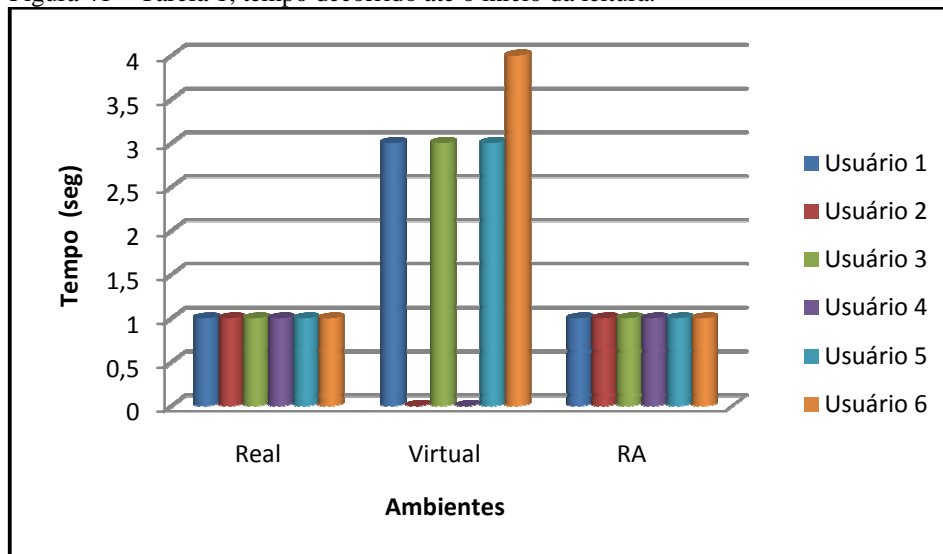
Na primeira tarefa foi solicitado que os participantes apenas lessem os atributos da sua primeira carta, sendo avaliados seis diferentes itens durante a execução. Os resultados nos ambientes real e RA foram uniformes, sendo que somente dois itens tiveram resultados diferentes de zero:

- a) o tempo até o usuário iniciar a leitura;
- b) o número de passos/ ações necessários até o usuário iniciar a leitura.

Esses dois ambientes tiveram o mesmo desempenho, fato que se explica por fazerem uso de cartas reais, as quais continham as informações que precisavam ser lidas.

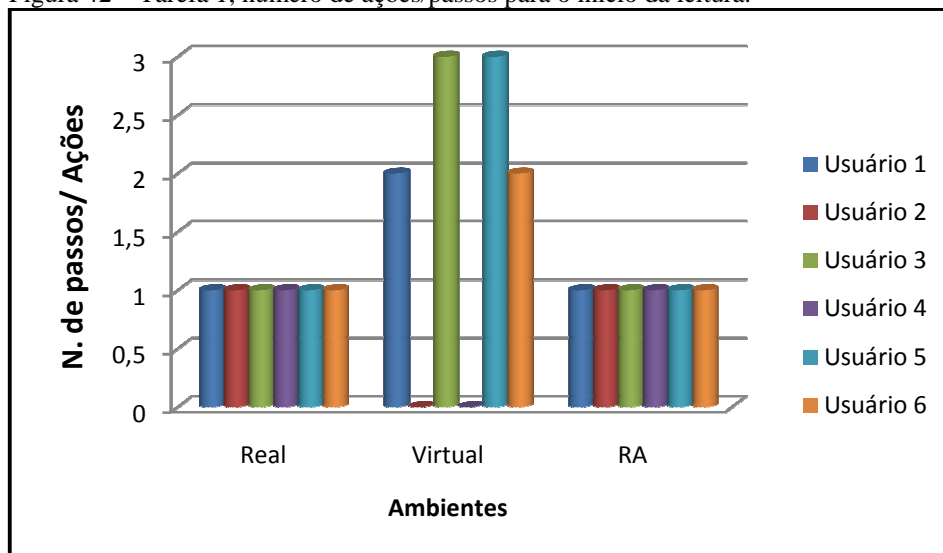
No ambiente virtual, porém, os usuários tiveram necessidade de utilizar o mouse para conseguir ler as suas respectivas cartas, fato que contribui para um aumento de tempo até o início da leitura e maior número de passos/ações necessários. Esses dois itens são mostrados nas figuras 41 e 42. Além disso, dois usuários não obtiveram êxito em concluir a tarefa, pois clicaram com o botão errado do mouse e acabaram jogando a carta ao invés de lê-la, sendo que um desses participantes expressou um sentimento de frustração.

Figura 41 – Tarefa 1, tempo decorrido até o início da leitura.



Fonte: Do autor.

Figura 42 – Tarefa 1, número de ações/passos para o início da leitura.



Fonte: Do autor.

A partir da comparação dos perfis estabelecidos no início da avaliação com os resultados da tarefa 1, pôde-se perceber que os usuários que não obtiveram sucesso foram os considerados principiantes, demonstrando que a interação “palpável” do ambiente Tradicional e RA torna-se mais fácil de interagir para aqueles que não têm um conhecimento avançado.

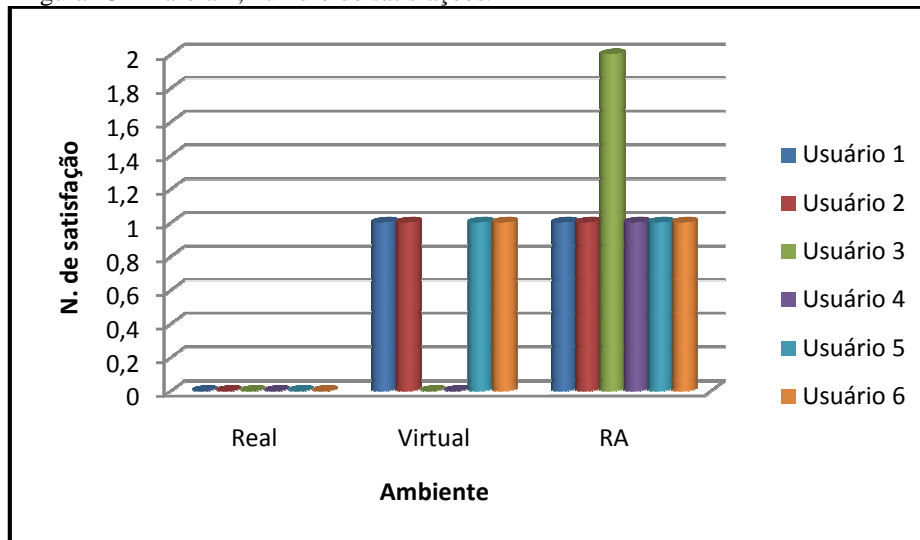
Na segunda tarefa foi pedido aos usuários para lerem a segunda carta, em seguida, lerem a terceira carta e depois jogá-la. Foram avaliados cinco diferentes itens durante a execução desta tarefa.

Novamente os ambientes real e com RA foram idênticos no quesito número de passos/ações, totalizando sempre três, enquanto no ambiente virtual aconteceu como visto na tarefa anterior, sendo que desta vez o número de ações variou de no mínimo quatro e no

máximo seis. Os aspectos relacionados aos números de erros e de frustrações obtiveram zero em todos os ambientes.

O aspecto mais relevante dessa tarefa ficou por conta do número de satisfações, o qual no ambiente real obteve-se zero, enquanto no virtual e na RA teve-se de uma a duas satisfações por usuário. A figura 43 demonstra graficamente este quesito da tarefa 2.

Figura 43 – Tarefa 2, número de satisfações.



Fonte: Do autor.

A partir da observação constatou-se que este número de satisfações no ambiente real e de RA foi devido ao fato dos usuários jogarem a carta, e obterem uma resposta com recursos auditivos e visuais detalhados. No caso do ambiente real, o qual não se teve nenhum tipo de resposta à ação do jogador, não foi possível identificar nenhuma forma de satisfação.

A terceira tarefa analisou quanto tempo os usuários demorariam a perceber que estavam fazendo uma jogada proibida, baseado nas regras do jogo, as quais foram explicadas a todos participantes antes de cada teste.

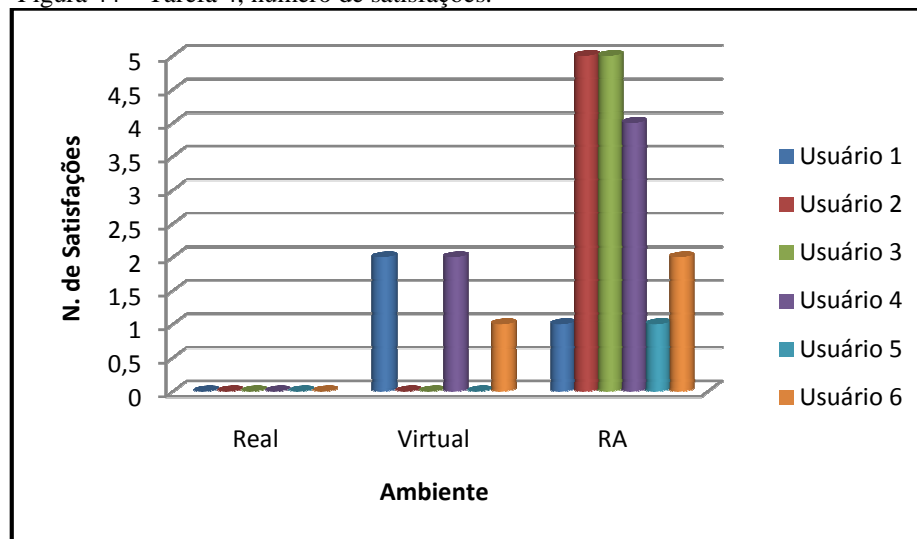
Dessa vez os três ambientes obtiveram resultados parecidos, os quais a grande maioria dos usuários perceberam mentalmente que estavam fazendo uma jogada proibida e avisaram o avaliador. A ressalva fica por conta dos usuários 2 e 4, considerados de perfil principiante, em que no ambiente real não perceberam nada, dessa forma não completando com sucesso a tarefa. O usuário 4 ainda teve um maior tempo para perceber que estava errado na plataforma virtual, e só o conseguiu pois teve o retorno (*feedback*) do jogo mostrando que aquela carta não poderia ser jogada. No ambiente de RA ele não teve nenhum problema para identificar a jogada proibida, mas acredita-se que isso se deve ao fato do aprendizado gerado no ambiente virtual.

A quarta tarefa destinou-se principalmente a observar os aspectos de frustração e satisfação dos usuários nos três tipos de ambientes, durante cinco minutos. O principal

problema encontrado foi referente ao modo real de jogo, o qual não havia nenhum adversário para ser enfrentado. Dessa forma, todos os participantes desistiram antes dos cinco minutos e expressaram certa frustração.

No ambiente virtual a quantidade de frustrações, satisfações ou nenhuma dessas duas sensações variou de usuário para usuário, na havendo um resultado homogêneo, ao contrário do ambiente de RA, no qual todos os usuários expressarão alguma forma de satisfação e nenhuma forma de frustração. Houve ainda três participantes que saíram satisfeitos com o ambiente de RA, sendo que um deles pediu para continuar jogando. A figura 44 mostra um gráfico do número de satisfações dos usuários na tarefa quatro.

Figura 44 – Tarefa 4, número de satisfações.



Fonte: Do autor.

A terceira e última etapa da avaliação consistiu em quatro questionários, um para cada um dos três ambientes, os quais são compostos por onze questões, e o quarto questionário que foi aplicado ao final de todos os testes, composto por duas questões. As questões têm por objetivo avaliar a satisfação dos usuários nas três diferentes plataformas e seus resultados são mostrados no quadro 11.

Quadro 11 – Resultado do questionário de avaliação dos usuários.

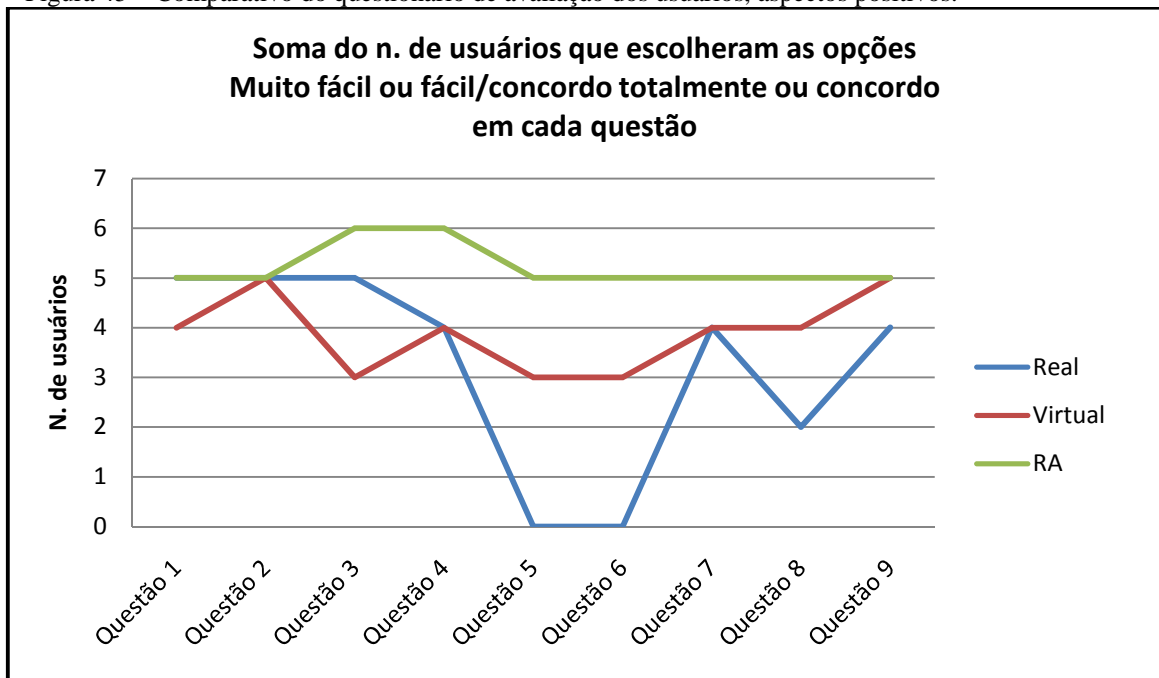
RESULTADO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS USUÁRIOS					
#	ITEM	OPÇÕES	AMBIENTE		
			R	V	RA
01	Você acha que sua forma de interação / comunicação com o jogo ocorreu de uma maneira	Muito fácil	1	1	2
		Fácil	4	3	3
		Nem fácil nem difícil	1	2	1
		Difícil	0	0	0
		Muito difícil	0	0	0
02	Você acredita que as realizações das tarefas passadas foram	Muito fácil	1	2	2
		Fácil	4	3	3
		Nem fácil nem difícil	1	1	1
		Difícil	0	0	0
		Muito difícil	0	0	0
03	Você considera que a visualização das cartas e seus respectivos atributos ocorreram de uma maneira	Muito fácil	2	1	2
		Fácil	3	2	4
		Nem fácil nem difícil	1	2	0
		Difícil	0	0	0
		Muito difícil	0	1	0
04	Gostei muito da maneira com que me comunico / interajo com o jogo	Concordo totalmente	0	1	3
		Concordo parcialmente	4	3	3
		Nem concordo nem discordo	0	1	0
		Discordo parcialmente	2	1	0
		Discordo totalmente	0	0	0
05	Acho que meu sentido auditivo foi muito usado nesse jogo	Concordo totalmente	0	0	2
		Concordo parcialmente	0	3	3
		Nem concordo nem discordo	1	3	1
		Discordo parcialmente	2	0	0
		Discordo totalmente	3	0	0
06	Acredito ter sido muito influenciado pelos aspectos auditivos / sonoros desse jogo	Concordo totalmente	0	0	1
		Concordo parcialmente	0	3	4
		Nem concordo nem discordo	1	2	1
		Discordo parcialmente	2	1	0
		Discordo totalmente	3	0	0
07	Acredito ter me sentido muito atraído por esse jogo	Concordo totalmente	0	2	4
		Concordo parcialmente	4	2	1
		Nem concordo nem discordo	1	1	1
		Discordo parcialmente	1	0	0
		Discordo totalmente	0	1	0
08	De um modo geral sinto-me muito satisfeito ao usar esse jogo	Concordo totalmente	0	2	4
		Concordo parcialmente	2	2	1
		Nem concordo nem discordo	3	0	1
		Discordo parcialmente	1	2	0
		Discordo totalmente	0	0	0

09	Recomendaria sem hesitação esse jogo aos meus colegas	Concordo totalmente	1	2	4
		Concordo parcialmente	3	3	1
		Nem concordo nem discordo	1	0	1
		Discordo parcialmente	1	1	0
		Discordo totalmente	0	0	0
10	O que você mais gostou nesse jogo? Se desejar pode selecionar mais de uma opção	A forma de comunicação	3	2	3
		Os aspectos visuais	1	6	6
		Os aspectos sonoros	0	5	6
		A ausência de som	0	0	0
		Não precisar segurar as cartas	0	1	0
		Poder sentir as cartas	4	0	4
11	O que você menos gostou nesse jogo? Se desejar pode selecionar mais de uma opção	A forma de comunicação	0	2	0
		Os aspectos visuais	3	0	0
		Os aspectos sonoros	0	0	0
		A ausência de som	4	0	0
		Não precisar segurar as cartas	0	1	0
		Poder sentir as cartas	0	0	0
QUESTÕES GERAIS					
ITEM		Real	Virtual	Realidade Aumentada	
Dentre as plataformas testadas, assinale qual delas lhe proporcionou uma experiência mais prazerosa de forma geral		0	1	5	
Dentre as plataformas testadas, assinale qual delas lhe proporcionou uma experiência menos prazerosa de forma geral		3	3	0	

Fonte: Do autor.

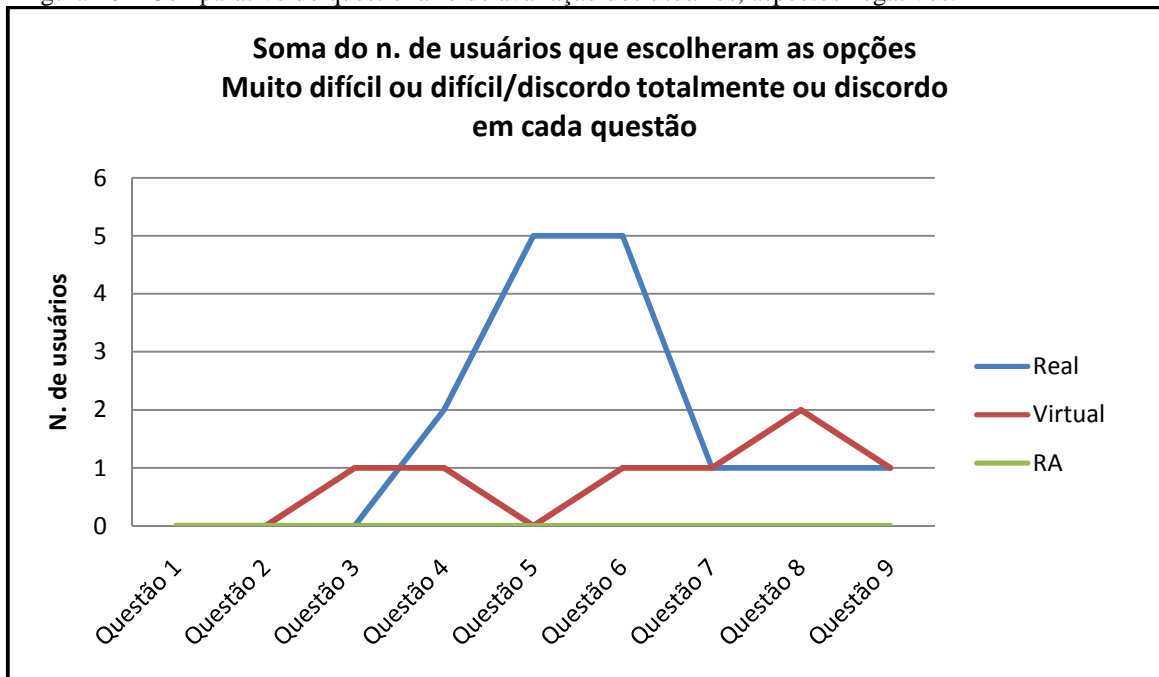
As questões tiveram suas respostas divididas em escala, no caso de muito difícil a muito fácil e discordo totalmente a concordo totalmente. Dessa forma, sob o ponto de vista de comparação dos resultados dos ambientes testados, foram feitos gráficos para avaliar o desempenho de cada ambiente. No gráfico da figura 45 foram somados os números de usuários que escolheram a opção fácil ou muito fácil, e respectivamente, concordo ou concordo totalmente em cada um dos três ambientes testados, podendo-se analisar os aspectos **positivos** das respostas dos usuários de uma maneira geral. Por outro lado, na figura 46 foram somados os usuários que escolheram as opções muito difícil ou difícil, e respectivamente, discordo totalmente ou discordo, analisando dessa forma os aspectos **negativos** para a maioria dos participantes.

Figura 45 – Comparativo do questionário de avaliação dos usuários, aspectos positivos.



Fonte: Do autor.

Figura 46 – Comparativo do questionário de avaliação dos usuários, aspectos negativos.



Fonte: Do autor.

A partir da análise dos gráficos e dados coletados foi possível verificar na figura 45 que o ambiente da RA obteve em sua maioria um resultado positivo, no qual de 5 a 6 usuários acharam esse ambiente fácil ou muito fácil de se utilizar ou concordaram com o aspecto positivo perguntado através das nove questões do questionário. Ao revés, na figura 46 nenhum usuário citou a RA como difícil ou muito difícil, ou discordaram do aspecto positivo perguntado pelo questionário. Essa preferência dos usuários pelo ambiente da RA

no que diz respeito à interação e imersão pode ser visto ao verificarem-se as questões dez e onze, as quais os usuários poderiam escolher mais de uma resposta e perguntavam o que eles mais gostaram a respeito daquele determinado ambiente, ou então o que menos gostaram.

Pode-se perceber a partir da análise das respostas, o fato de poder sentir as cartas e a forma de interação foram os pontos positivos apontados pelos participantes no ambiente Real, enquanto os aspectos visuais e ausência de som foram os negativos. No ambiente Virtual os quesitos que tiveram maior aprovação pela maioria dos usuários foram os aspectos sonoros e os visuais, enquanto que alguns pontos negativos foram citados por alguns usuários, mas não tiveram uma maior expressão. Já no ambiente de RA pode-se perceber uma mistura das qualidades positivas dos dois ambientes anteriores, em que poder sentir as cartas, a forma de interação, os aspectos sonoros e os visuais são quesitos que os usuários mais gostaram, não apontando nenhum aspecto negativo.

O resultado dessa preferência pode ser visto nas últimas questões do resultado da avaliação, as quais eram respondidas após os usuários passarem pelos três ambientes de testes e tinham como pergunta qual plataforma mais gostaram e qual menos gostaram, constatando-se dessa forma uma preferência quase unânime por parte da RA na preferência dos usuários. Por outro lado, os ambientes real e virtual tiveram resultados semelhantes na questão referente à qual plataforma que os participantes menos gostaram.

6 CONCLUSÃO

A interação homem-máquina é uma relação inerente ao uso de computadores e outros dispositivos. A IHC, área da Ciência da Computação, como pôde ser visto durante o levantamento bibliográfico, evolui juntamente com a tecnologia buscando novas formas de interação usuário-máquina para a melhoria de sua experiência de uso.

Uma das diversas áreas em que a IHC pode ser aplicada são os jogos digitais, os quais buscam meios de fazer com que a comunicação homem-máquina seja feita de forma natural, proporcionando tangibilidade na interação e uma imersão sensorial ampliada utilizando o tato, visão e audição, e por meio desses possibilitando aos usuários uma maior sensação de presença e participação no ambiente virtualizado. Nesse sentido a avaliação de interfaces interativas é considerada uma atividade foco em IHC, que visa verificar se necessidades dos usuários estão sendo atendidas, se a interface faz o que se propõe a fazer e se tem o *feedback* esperado.

A investigação e validação da interação e imersão sensorial em ambientes de realidade aumentada foram o principal foco e motivação deste trabalho. O principal objetivo, por sua vez, foi avaliar a aplicação desses conceitos em um ambiente de RA. A avaliação foi realizada a partir de um estudo de caso aplicado em um jogo de cartas colecionáveis, em que foram comparadas as experiências de uso dos usuários em três ambientes diferentes: real; virtual; e RA. Constatou-se que as proposições teóricas do estudo de caso restaram confirmadas. Os resultados apresentados e discutidos na pesquisa comprovam que a qualidade da interação e imersão sensorial é fundamental para proporcionarem uma melhor experiência de uso em jogadores-usuários de jogos digitais.

Verifica-se, ademais, que os objetivos específicos foram plenamente alcançados pela pesquisa. A partir do levantamento bibliográfico, envolvendo a interação humano-computador, imersão, realidade aumentada e avaliação de interfaces interativas, foi possível: compreender os principais conceitos e características de IHC, RA, imersão e interação; descrever a arquitetura de funcionamento da RA; e, por fim, identificar e descrever métodos e técnicas para avaliação de interfaces interativas;

Para validação da interação e imersão sensorial em ambientes de RA foi realizada uma avaliação com usuários finais em um estudo de caso comparativo aplicado em um jogo de cartas colecionáveis disponibilizado em três ambientes diferentes, o real, o virtual e com realidade aumentada. A partir dos resultados obtidos dos testes com usuários, pode-se verificar que a RA consegue unir os aspectos positivos do ambiente real e do virtual.

Efetivamente, a RA diminui o número de ações e o tempo necessário para o usuário resolver determinada tarefa, utilizando-se as mãos e, ao mesmo tempo, promovendo uma imersão sensorial mais realista.

Além disso, a RA promoveu aumento na satisfação dos usuários participantes, fato devido à forma de interação e sua capacidade de imersão quando comparada aos demais ambientes testados. Ao trazer objetos virtuais ao mundo do usuário, faz-se com que a interação ocorra de maneira mais natural, demonstrando ser uma proposta eficiente para melhorar a experiência de uso em jogos digitais.

Sugere-se, finalmente, como possibilidade de trabalhos futuros a elaboração de uma avaliação de interação e imersão aplicada em novas tecnologias, como o *Kinect*. Outra possibilidade é avaliar a utilização de RA para localização de lugares, a partir do seu uso em dispositivos móveis.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, William Xavier de; ALVES, Roberson Junior Fernandes. Colossus ARena: protótipo de game usando realidade aumentada. In: UNOESC E CIÊNCIA, Joaçaba. 2011. p. 47 - 56. Disponível em: <http://editora.unoesc.edu.br/index.php/acet/article/view/730/pdf_141>. Acesso em: 06 jul. 2012.
- AMADO, Angela Eika Pimentel. **Avaliação de Usabilidade de Ambientes de Realidade Virtual e Aumentada**. 2007. 136 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de Aveiro. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. 2007. Disponível em: <<http://biblioteca.sinbad.ua.pt/teses/2008000403>>. Acesso em: 12 jul. 2012
- AURÉLIO, Buarque De Holanda Ferreira. **Miniaurélio eletrônico**. Brasil: Positivo, 2004.
- AZUMA, Ronald T. et al. Recent advances in augmented reality. **Ieee Computer Graphics And Applications**, p.34-47, 01 nov. 2001. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=963459>. Acesso em: 12 jan. 2012.
- AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. In: TELEOPERATORS AND VIRTUAL ENVIRONMENTS, 6., 1997, 1997. p. 355 - 385. Disponível em: <<http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2012.
- BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani; ROCHA, Heloísa Vieira Da. **Design e Avaliação de Interfaces Humano Computador**. Campinas: Núcleo de Informática Aplicada À Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2003. Disponível em: <http://pan.nied.unicamp.br/publicacoes/publicacao_detalhes.php?id=40&download=1>. Acesso em: 01 maio 2012.
- BASTOS, Nacha Costa. **Uma Metodologia para Avaliação de Usabilidade de Interfaces de Realidade Mista Interativas**. 2007. 181 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. 2007. Disponível em: <https://www.gprt.ufpe.br/grvm/Publication/Dissertations/2007/Bastos_DissertacaoMestrado_2007.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2012.
- BECTA, David Ley. **Ubiquitous computing: Emerging Technologies for Learning**. 2007.
- BIOCCA, Frank; LEVY, Mark R. **Communication in the age of virtual reality**. Hillsdale, Nj, Usa. Lawrence Erlbaum Associates, 1995.
- BROLL, W et al. An infrastructure for realizing custom-tailored augmented reality user interfaces. **Ieee Transactions On Visualization And Computer Graphics**, [s. L.], v. 6, n. 11, p.722-733, 02 nov. 2005.
- BUTOW, Eric. **User Interface Design for Mere Mortals**. Boston: Addison-wesley, 2007. 312 p.
- CARVALHO, José Oscar F. **Referenciais para projetistas e usuários de interfaces de computadores destinadas aos deficientes visuais**. 1994. 136 p. Dissertação (Mestrado) –

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994. Disponível em:
<<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000081641>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

CAUDELL, T.p. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In: TWENTY-FIFTH HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 1992, Seattle. p. 659 - 669.

CORREA, Ana Grasielle Dionisio. **Realidade Aumentada Musical Para Reabilitação: Estudo de Caso em Musicoterapia.** 2011. 214 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em:
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-09032012-131212/publico/Tese_Ana_Grasielle_Dionisio_Correa.pdf>. Acesso em: 25 maio 2012.

COUCHOT, Edmond. **A tecnologia na arte: da fotografia à realidade virtual.** Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2003. 319 p. Disponível em:
<<http://seer.ufrgs.br/PortoArte/article/view/27898/16504>>. Acesso em: 26 mar. 2012.

Cybis, W. A. **Engenharia de usabilidade: uma abordagem ergonômica,** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

FERREIRA, Danilo de Souza. **Abordagem Híbrida para Avaliação da Usabilidade de Dispositivos Móveis .**2007. 227 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2007. Disponível em:
<http://docs.computacao.ufcg.edu.br/posgraduacao/dissertacoes/2007/Dissertacao_DanilodeSouzaFerreira.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2012.

GONÇALVES, Deise Albertazzi. **Implantando a realidade aumentada em instruções de uso sobre um novo produto.** 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em:
<<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/handle/1884/27218>>. Acesso em: 22 mar. 2012.

HANSEN, M. **Bodies in Code.** New York, Routledge. 2006.

KIRNER, Claudino; KIRNER, T. G.. Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. In: XIII SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Computação - Sbc, 2011. p. 125 - 153.

_____. **Prototipagem Rápida de Aplicações Interativas de Realidade Aumentada: Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada.** Porto Alegre: Sbc, 2004. Disponível em: <<http://ckirner.com/download/capitulos/Prot-Rapida-RA-CK.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

_____. **Realidade Virtual e Aumentada.** 2011. Disponível em:
<<http://www.realidadevirtual.com.br/cmsimple-rv/?ENTRADA>>. Acesso em: 06 maio 2012.

KIRNER, Cláudio; KIRNER, T. G.. **Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada: Livro do XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality.** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Computação - Sbc, 2011. 352 p.

_____. **Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization.** Hershey, Ny: Igi Publishing, 2007.

KIRNER, Claudio; TORI, Romero. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada:** Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality. Belém: Sbc, 2006.

_____. **Realidade Virtual Conceitos e Tendências:** Livro do Pré-Simpósio VII Symposium on Virtual Reality. São Paulo: Senac, 2004.

KIRNER, Claudio; ZORZAL, Ezequiel R.. **Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos Realidade Aumentada:** Livro do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Juiz de Fora, Mg: Ufjf, 2005.

KOTONYA, Gerald; SOMMERVILLE, Ian. **Requirements Engineering: process and techniques.** Eua: John Wiley, 1998.

LAUREL, Brenda. **Computers as Theater.** [s. L.]: Addison-wesley, 1993. Disponível em: <<http://www.annapujadas.cat/CSIM/context/textos/laurel.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

LOPES, Leandro Teixeira. **Um Modelo de Processo de Engenharia de Requisitos para Ambientes de Desenvolvimento Distribuído de Software.** 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br/munddos/docs/DisseLTLopes.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2012.

LUCENA, Fábio Nogueira de; LIESENBERG, Hans. **Fundamentos de Interfaces Homem-Computador.** Campinas: Unicamp, 1997.

MANN. **Definition of “Wearable Computer”.** 1998. Disponível em <<http://wearcam.org/wearcompdef.html>>. Acesso em: 05 maio 2012.

MILGRAM, P. et al. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum: Telemanipulator and Telepresence Technologies.** 1994. Disponível em: <http://etclab.mie.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html>. Acesso em: jun. 2012

MORAN, T. **The Command Language Grammars:** a representation for the user interface of interactive computer systems. In International Journal of Man-Machine Studies, Academic Press, 1981

MURRAY, J. **Hamlet on the Holodeck:** The Future of Narrative in Cyberspace. Cambridge/MA: The MIT Press, 1998.

NORMAN, Donald. A. **The Design of Everyday Things.** Basic Books, 2002

NIELSEN, Jakob. **Engenharia de Usabilidade.** São Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.

OLIVEIRA, Allan Cesar Moreira. **Criação e Visualização de Interfaces do Usuário Cientes de Contexto Para Realidade Aumentada.** São Carlos. 2011.

PACKER, R; JORDAN, K. **Multimedia: From Wagner to Virtual Reality**. W. W. Norton & Company. 2001.

PAUL, Christiane. **L' Art numérique**. Trad. do inglês por Dominique Lablanche. Paris: Editions Thames & Hudson, 2004

PEW, Richard. **Interaction from memex to bluetooth and beyond**. The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Envolving Technologies and Emerging Applications, Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 2003

PRATES, Raquel Oliveira; BARBOSA, Simone D. Junqueira. **Avaliação de interfaces de usuário - conceitos e métodos**. Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação – SBC: Campinas, SP, 2003.

PREECE, J.; et al. **Human-Computer Interaction**. England: Addison-Wesley, Real World Research. Oxford, UK: Blackwell, 1993

PREECE, J. **Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction**. John Wiley & Sons, 2002.

PREECE, Jenny; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. **Design de interação: além da interação homem-computador**. Bookman, 2005. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=bl0H1cYIzAwC&redir_esc=y>.

PRESSMAN, Roger S. **Software Engineering: a practitioner's approach**. EUA: McGraw Hill, 2001.

QUEIROZ, J. E. **Abordagem híbrida para a avaliação da usabilidade de interfaces com o usuário**. 2001. 410p. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.

RADFORD, A. **Games and Learning about Form in Architecture**. Automation in Construction, n.9, 379-385. 2000.

REBELO, Irla Bociansoki. **Interação entre Homem e Computador e procedimentos de Avaliação**. Centro Euroamericano UNIEURO. 2007. Última atualização julho 2009. Disponível em: <<http://irlabr.wordpress.com/apostila-de-ihc/>>

RODELLO, Ildeberto Aparecido. BREGA, Jose Remo Ferreira. **Realidade Virtual e Aumentada em Ações de Marketing**. Disponível em: <http://de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf>. Acesso em: Jun. 2012.

SAFFER, Dan. **Designing for interaction: Creating smart applications and clever devices**. New Riders, Berkeley. 2007.

SCHNEIDERMAN, B; PLAISANT, C; **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction**, Addison – Wesley Publishers, 2004.

SHERMAN, W.R., CRAIG, A.B. **Understanding Virtual Reality**. Morgan Kaufmann. 2003

- SILVA, Rodrigo Luis de Souza. **Um Modelo de Redes Bayesianas Aplicado a Sistemas de Realidade Aumentada**. Rio de Janeiro. 2006
- SPOLSKY, J. **User Interface Design for Programmers**. APress, 2002.
- SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE (SEI). **User interface technology survey**. Pittsburgh: SEI, 1987.
- SULER, John. **The Psychology of Cyberspace**. Disponível em: <<http://www.rider.edu/~suler/psyber/psyber.html>>. Acessado em: 02 abril. 2012
- TEICHRIEB, V., KELNER, J., LIMA, J. P., GUIMARÃES, G. E DIAS, G. **ARCam: Augmented Reality Cam.** , Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual e Multimídia, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco. Relatório Técnico. 2006.
- TEIXEIRA, L. et al. **Metodologia de geração de dados de referência para rastreamentos ópticos**. Em VII WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA. São Paulo. 2010.
- TRUYENQUE, M. A. Q. **Uma Aplicação de Visão Computacional que Utiliza Gestos da Mão para interagir com o Computador**. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2005.
- VINCE, J. **Introduction to Virtual Reality**. Springer-Verlag, 2nd edition, 2004.
- WEISER, Mark. **The computer for the 21st century**. Scientific American Ubicomp. 1991
- _____. **Ubiquitous computing**. IEEE Computer Hot Topics. 1993.
- _____. **The world is not a desktop**. ACM Interactions. 1993.
- ZAVE, Pamela. **Classification of Research Efforts in Requirements Engineering**. ACM Computing Surveys. 1997.
- ZHOU, Z. **Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes**, Australian Workshop on Interactive Entertainment, 2004.
- ZORZAL, Ezequiel R. **Estratégias para o desenvolvimento de aplicações adaptativas de visualização de informações com realidade aumentada**. Tese apresentada a Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2009. Disponível em: <http://www.bdtf.ufu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2752>. Acesso em: Jun. 2012.

APÉNDICE(S)

APÊNDICE A – INSTRUÇÕES AO PARTICIPANTE

Agradecemos sua participação neste experimento e para começar gostaria de pedir que responda o questionário de identificação do perfil.

O objetivo deste experimento é avaliar três sistemas diferentes: real; virtual; e com realidade aumentada, esses são baseados em um mesmo jogo de cartas colecionáveis. Essas cartas têm atributos específicos e são colocadas uma de cada vez na mesa. Ganha a partida quem a tiver o conjunto de cartas com melhores atributos.

Seu objetivo porém não está restrito em avaliar o jogo em si, mas a forma com o que se interagi com o mesmo. Está avaliação refere-se sobre quanto atraído (imerso) você se sente em relação aquela plataforma específica e sua forma de comunicação com a mesma. Dentre os objetivos estão inclusos avaliar fatores ergonômicos, de tato e força, aspectos visuais, auditivos, comportamento, influência das cores e atratividade do sistema.

A primeira plataforma a ser avaliada será a de modo de jogo real, seguida da virtual e por ultimo a com realidade aumentada. Como o objetivo é coletar o máximo de dados possível, é importante durante o período de testes em cada plataforma que você diga o que está pensando em todo momento (técnica pensar em voz alta), inclusive pontos negativos e positivos dos sistemas.

Em cada plataforma você terá tarefas, as quais o avaliador irá ler uma de cada vez. Após o fim das tarefas será entregue um questionário de avaliação daquela plataforma, o qual deverá ser respondido e depois de terminado, entregue ao avaliador novamente. Esse ciclo de tarefas e questionários se repete até que todas as plataformas sejam testadas.

Fica a cargo de esclarecimento que este experimento tem por objetivo avaliar as diferentes plataformas do jogo e seus meios de interação e imersão, e não o participante. Se necessário o teste pode ser interrompido a qualquer momento e as informações dadas serão invalidadas. Faz-se lembrar também os dados são anônimos e seus comentários e impressões acerca do sistema serão gravados em vídeo e anotações em papel para futura análise.

Obrigado pela participação.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERFIL**Utilizador N. _____**

1 – Você é do sexo:

- Masculino Feminino

2 – Você pertence a faixa etária de:

- Menos de 15 anos 29-35 anos
 15-23 anos Acima de 35 anos
 24-29 anos

3 – Você tem experiência prévia no uso de sistemas computacionais (computador)? Caso sua resposta seja Não, assinale a opção “**Não se aplica**” nas questões 4, 5, 6 e 7.

- Sim Não

4 – Há quanto tempo você usa sistemas computacionais (computador)?

- Menos de 3 meses Mais de 1 ano
 Entre 3 meses e 1 ano Não se aplica

5 – Com que frequência você usa sistemas computacionais?

- Diariamente Ocasionalmente
 Algumas vezes por semana Não se aplica
 Algumas vezes por mês

6 – Com que frequência você usa sistemas computacionais para jogar?

- Diariamente Ocasionalmente
 Algumas vezes por semana Não se aplica
 Algumas vezes por mês

7 – Qual seu nível de conhecimento em informática?

- Básico Avançado
 Intermediário Não se aplica

8 – Você já jogou algum jogo de cartas colecionáveis (jogos semelhantes a Magic)? Caso sua resposta seja Não, assinale a opção “**Não se aplica**” nas questões 9 e 10.

- Sim Não

9 – Com que frequência você joga jogos de cartas colecionáveis?

- Diariamente Ocasionalmente
 Algumas vezes por semana Não se aplica
 Algumas vezes por mês

10 – Qual seu nível de conhecimento jogos de cartas colecionáveis?

- Básico Avançado
 Intermediário Não se aplica

11 – Você já usou algum sistema com realidade aumentada? Caso sua resposta seja Não, assinale a opção “**Não se aplica**” na questão 12.

- Sim Não

12 – Com que frequência você usa algum sistema com realidade aumentada?

- Diariamente Ocasionalmente
 Algumas vezes por semana Não se aplica
 Algumas vezes por mês

13 – Qual a sua familiaridade com a língua inglesa?

- Péssima Boa
 Ruim Ótima
 Regular

APÊNDICE C – LISTA DE TAREFAS

- Primeiramente descrever o ambiente ao participante da pesquisa.

Tarefa 1 – O participante deve:

- Ler as informações e atributos de sua primeira carta.

O que será avaliado:

- Tempo decorrido até o participante iniciar a leitura;
- Quantos passos foram necessários até o participante iniciar a leitura;
- Quantos foram os erros cometidos até o participante iniciar a leitura;
- Número de vezes em que o participante expressou frustração;
- Número de vezes em que o participante expressou satisfação;
- Se a tarefa foi concluída com sucesso.

Tarefa 2 – O participante deve:

- Ler as informações e atributos da segunda carta ;
- Ler as informações e atributos da terceira carta;
- Jogar a terceira carta.

O que será avaliado:

- Quantos passos foram necessários para realização da tarefa;
- Quantos erros foram cometidos durante a realização da tarefa;
- Número de vezes em que o participante expressou frustração;
- Número de vezes em que o participante expressou satisfação;
- Se a tarefa foi concluída com sucesso.

Tarefa 3 – O participante deve:

- Ler a quarta carta;
- Jogar a quarta carta (baseado nas regras essa carta não poderia se jogada nesse momento).

O que será avaliado:

- Tempo necessário até o participante entender que não poderia ter jogado aquela carta;
- Se o participante obteve sucesso ao identificar o erro.

Tarefa 4 – O participante deve:

- Ficar a vontade para usufruir do jogo por 5 minutos.

O que será avaliado:

- Número de vezes em que o participante expressou frustração;
- Número de vezes em que o participante expressou satisfação;
- Se o participante obteve sucesso ao completar os 5 minutos de utilização do jogo.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Utilizador N. _____

Ambiente utilizado: _____

1 – Você acha que sua forma de interação / comunicação com o jogo ocorreu de uma maneira:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Muito fácil | <input type="checkbox"/> Difícil |
| <input type="checkbox"/> Fácil | <input type="checkbox"/> Muito difícil |
| <input type="checkbox"/> Nem fácil nem difícil | |

2 – Você acredita que as realizações das tarefas passadas foram:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Muito fácil | <input type="checkbox"/> Difícil |
| <input type="checkbox"/> Fácil | <input type="checkbox"/> Muito difícil |
| <input type="checkbox"/> Nem fácil nem difícil | |

3 – Você considera que a visualização das cartas e seus respectivos atributos ocorreram de uma maneira:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Muito fácil | <input type="checkbox"/> Difícil |
| <input type="checkbox"/> Fácil | <input type="checkbox"/> Muito difícil |
| <input type="checkbox"/> Nem fácil nem difícil | |

Você e o jogo

4 – Gostei muito da maneira com que me comunico / interajo com o jogo.

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Concordo totalmente | <input type="checkbox"/> Discordo |
| <input type="checkbox"/> Concordo | <input type="checkbox"/> Discordo totalmente |
| <input type="checkbox"/> Nem concordo nem discordo | |

5 – Acho que meu sentido auditivo foi muito usado nesse jogo.

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Concordo totalmente | <input type="checkbox"/> Discordo |
| <input type="checkbox"/> Concordo | <input type="checkbox"/> Discordo totalmente |
| <input type="checkbox"/> Nem concordo nem discordo | |

QUESTÕES GERAIS

Dentre as plataformas testadas, assinale qual delas lhe proporcionou uma experiência mais prazerosa de forma geral?

Real Virtual Realidade Aumentada

E a menos prazerosa?

Real Virtual Realidade Aumentada

Se desejar pode deixar aqui algum comentário, crítica ou elogio acerca das plataformas testadas.

Obrigado por sua participação!

APÊNDICE E – FOLHA DO AVALIADOR








Utilizador N. ____

Perfil:

Principiante








Intermediário

Experiente




LEGENDAS DOS INDICADORES	
 Tempo em segundos	 Número de frustrações
 Número de passos	 Conclusão com sucesso
 Número de erros	 Comentários e observações
 Número de satisfações	

REGISTRO DOS INDICADORES – TAREFA 1							
							
Real							
Virtual							
Realidade aumentada							





REGISTRO DOS INDICADORES – TAREFA 2

							
Real							
Virtual							
Realidade aumentada							

REGISTRO DOS INDICADORES – TAREFA 3

				
Real				
Virtual				
Realidade aumentada				

REGISTRO DOS INDICADORES – TAREFA 4

					
Real					
Virtual					
Realidade aumentada					

APÊNDICE F – RESULTADO DO QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERFIL

RESULTADO DO QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERFIL			
#	ITEM	OPÇÕES	N. de respostas
01	Você é do sexo:	Masculino	6
		Feminino	0
02	Você pertence a faixa etária de:	Menos de 15	0
		15-23 anos	3
		24-29 anos	2
		30-35 anos	1
		Acima de 35 anos	0
03	Você tem experiência prévia no uso de sistemas computacionais (computador)?	Sim	6
		Não	0
04	Há quanto tempo você usa sistemas computacionais (computador)?	Menos de 3 meses	0
		Entre 3 meses e 1 ano	0
		Mais de 1 ano	6
		Não se aplica	0
05	Com que frequência você usa sistemas computacionais?	Diariamente	5
		Algumas vezes por semana	1
		Algumas vezes por mês	0
		Ocasionalmente	0
		Não se aplica	0
06	Com que frequência você usa sistemas computacionais para jogar?	Diariamente	4
		Algumas vezes por semana	2
		Algumas vezes por mês	0
		Ocasionalmente	0
		Não se aplica	0
07	Qual seu nível de conhecimento em informática?	Básico	2
		Intermediário	3
		Avançado	1
		Não se aplica	0
08	Você já jogou algum jogo de cartas colecionáveis (jogos semelhantes a Magic)?	Sim	4
		Não	2
09	Com que frequência você joga jogos de cartas colecionáveis?	Diariamente	0
		Algumas vezes por semana	0
		Algumas vezes por mês	3
		Ocasionalmente	1
		Não se aplica	2
10	Qual seu nível de conhecimento jogos de cartas colecionáveis?	Básico	2
		Intermediário	2
		Avançado	0
		Não se aplica	2

11	Você já usou algum sistema com realidade aumentada?	Sim	3
		Não	3
12	Com que frequência você usa algum sistema com realidade aumentada?	Diariamente	0
		Algumas vezes por semana	0
		Algumas vezes por mês	0
		Ocasionalmente	3
		Não se aplica	3
13	Qual sua familiaridade com a língua inglesa?	Péssima	1
		Ruim	0
		Regular	3
		Boa	2
		Ótima	0

APÊNDICE G – RESULTADO DAS TAREFAS REALIZADAS








TAREFA 1							
- LER OS ATRIBUTOS DE SUA PRIMEIRA CARTA							
Usuário							
U1 R	1	1	0	0	0	Ok	
U2 R	1	1	0	0	0	Ok	
U3 R	1	1	0	0	0	Ok	
U4 R	1	1	0	0	0	Ok	
U5 R	1	1	0	0	0	Ok	
U6 R	1	1	0	0	0	Ok	
U1 V	3	2	0	0	0	OK	
U2 V	-	-	1	0	1	Nao	Clicou errado e jogou a carta
U3 V	3	3	0	0	0	Ok	
U4 V	-	-	1	0	0	Não	Clicou errado e jogou a carta
U5 V	3	3	0	0	0	Ok	
U6 V	4	2	0	0	0	Ok	
U1 RA	1	1	0	0	0	Ok	
U2 RA	1	1	0	0	0	Ok	
U3 RA	1	1	0	0	0	Ok	
U4 RA	1	1	0	0	0	Ok	
U5 RA	1	1	0	0	0	Ok	
U6 RA	1	1	0	0	0	Ok	

TAREFA 2**- LER AS INFORMAÇÕES E ATRIBUTOS DA SEGUNDA CARTA****- LER AS INFORMAÇÕES E ATRIBUTOS DA TERCEIRA CARTA****- JOGAR A TERCEIRA CARTA**

Usuário							
U1 R		3	0	0	0	Ok	
U2 R		3	0	0	0	Ok	
U3 R		3	0	0	0	Ok	
U4 R		3	0	0	0	Ok	
U5 R		3	0	0	0	Ok	
U6 R		3	0	0	0	Ok	
U1 V		5	0	1	0	Ok	
U2 V		6	0	1	0	Ok	
U3 V		6	0	0	0	Ok	
U4 V		5	0	0	0	Ok	
U5 V		4	0	1	0	Ok	
U6 V		5	0	1	0	Ok	
U1 RA		3	0	1	0	Ok	
U2 RA		3	0	1	0	Ok	Deixou a carta cair no chão
U3 RA		3	0	2	0	Ok	Usuário ficou muito empolgado
U4 RA		3	0	1	0	Ok	
U5 RA		3	0	1	0	Ok	
U6 RA		3	0	0	0	Ok	

TAREFA 3**- LER AS INFORMAÇÕES E ATRIBUTOS DA QUARTA CARTA****- JOGAR A QUARTA CARTA (carta que não podeira ser jogada)**

Usuário							
U1 R	1					Ok	
U2 R	--					Não	Jogou a carta e não percebeu nada
U3 R	1					Ok	
U4 R	--					Não	Jogou a carta e não percebeu nada
U5 R	2					Ok	
U6 R	1					Ok	
U1 V							
U1 V	2					Ok	
U2 V	1					Ok	
U3 V	1					Ok	
U4 V	4					Ok	
U5 V	1					Ok	
U6 V	1					Ok	
U1 RA							
U1 RA	1					Ok	
U2 RA	1					Ok	
U3 RA	1					Ok	
U4 RA	2					Ok	
U5 RA	1					Ok	
U6 RA	1					Ok	

TAREFA 4							
- FICAR A VONTADE PARA USUFRUIR DO JOGO POR 5 MINUTOS							
Usuário							
U1 R				0	1	Não	Desistiu por falta de adversários
U2 R				0	1	Não	Desistiu por falta de adversários
U3 R				0	1	Não	Desistiu por falta de adversários
U4 R				0	1	Não	Desistiu por falta de adversários
U5 R				0	1	Não	Desistiu por falta de adversários
U6 R				0	1	Não	Desistiu por falta de adversários
U1 V							
U1 V				2	0	Ok	Saiu muito satisfeito do teste
U2 V				0	0	Ok	
U3 V				0	2	Ok	
U4 V				2	0	Ok	
U5 V				0	0	Ok	
U6 V				1	0	Ok	
U1 RA							
U1 RA				1	0	Ok	
U2 RA				5	0	Ok	Saiu extremamente satisfeito do teste
U3 RA				5	0	Ok	Saiu muito impressionado do teste
U4 RA				4	0	Ok	Perguntou se poderia continuar
U5 RA				1	0	Ok	
U6 RA				2	0	Ok	

APÊNDICE H – ARTIGO CIENTÍFICO

Interação e Imersão na Realidade Aumentada: Estudo de Caso Aplicado a Jogos de Cartas

Daniel C. Franceschi¹

¹Departamento de Ciência da Computação
Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
Criciúma – SC – Brasil

oiidani@hotmail.com

Abstract. *The augmented reality has expanded and spread in different areas, especially in digital games. In this context, this study aimed to evaluate the interaction and immersion within the environment of augmented reality, taking how characteristics immersion and interaction, such as questions of tact and force, the visuals and sound, time, number of steps and error during execution of a given task and subjective satisfaction of the users. From the evaluation of the specific characteristics of the environments tested, it was concluded that the augmented reality regarding the interaction and immersion can unite the positive qualities real and virtual environment, making interaction is made in a natural manner as in the real environment, and without losing the visual and auditory aspects as in the virtual environment.*

Resumo. *A aplicação de realidade aumentada tem se expandido e difundido em diferentes áreas, em especial em jogos digitais. Nesse contexto esta pesquisa teve como objetivo avaliar a interação e imersão dentro do ambiente da realidade aumentada levando em consideração as características de imersão e interação dos ambientes, como as questões de tato e força, os aspectos visuais e sonoros, tempo, número de passos e de erros durante a execução de determinada tarefa e a satisfação subjetiva dos usuários. A partir da avaliação das características específicas dos ambientes testados, foi possível concluir que a realidade aumentada, no que se refere à interação e imersão, consegue unir as qualidades positivas do ambiente virtual e real, fazendo com que a interação seja feita de uma maneira natural, como no ambiente real, e sem perder os aspectos visuais e auditivos como no ambiente virtual.*

1. Introdução

A área de Interação Humano-Computador (IHC) vem evoluindo juntamente com os computadores e com os dispositivos de interação utilizados para intermediar a comunicação homem-máquina. Assim, com o passar dos anos, criam-se constantemente novas interfaces e suportes de comunicação. Com foco de desenvolvimento centrado no usuário, uma das preocupações de IHC é proporcionar experiências interativas eficientes, cujas características buscam facilidade de uso e o aprendizado na realização de tarefas. Novos paradigmas de interação surgem focando, cada vez mais, na tangibilidade, ou seja, na aproximação da experiência de uso virtual ao real.

Neste contexto, surge a Realidade Aumentada (RA) que insere e mistura, na interação, objetos do mundo virtual e do mundo real dos usuários. A aproximação da forma de comunicação entre homem-máquina às ações naturais do usuário busca

proporcionar tangibilidade na interação. Ao invés de uso de dispositivos (como teclado e mouse) na interação, o usuário pode realizar esta mediação utilizando objetos de sua própria realidade, tornando esta comunicação mais concreta e palpável.

A avaliação de interfaces interativas é uma atividade focada em IHC e seus principais objetivos são identificar e verificar se as necessidades dos usuários estão sendo atendidas. A avaliação possibilita validar o funcionamento da interface na comunicação com o usuário avaliando sua influência na realização de tarefas, identificando problemas, comparando alternativas de projeto de interface e verificando sua aceitação. A partir da avaliação sistematizada é possível analisar como se dá a interação usuário-aplicação e todos os processos envolvidos nessa mediação, validando se a interface criada faz o que se propõe a fazer e se há o *feedback* esperado.

Diante da importância de IHC como suporte aos estudos sobre interação do usuário com os dispositivos na busca de melhoria da experiência de uso, esta pesquisa avaliou a interação e imersão sensorial em um ambiente de RA. A avaliação foi realizada a partir de um estudo de caso aplicado em um jogo de cartas colecionáveis, comparando-se as experiências de uso do usuário final em três ambientes diferentes: real; virtual; e RA.

2. Interação, Imersão e Realidade Aumentada

Para intermediar a comunicação entre o homem e o sistema construído surgiu uma nova área de estudo, a IHC. No contexto homem-máquina, a interação é a maneira com que o usuário se comunica com a aplicação, podendo essa comunicação dar-se através de dispositivos ou de forma simbólica. O termo interação, de acordo com Preece, Rogers e Sharp (2005), está relacionado com a troca de informações entre humanos e computadores, ou outros dispositivos, representando assim um diálogo entre máquina e ser humano e suas relações com as condições de projeto que envolvem outros seres humanos.

Além da interação, outra característica dos sistemas de RA é a imersão. De maneira simples a palavra imersão é definida pelo dicionário Aurélio (2004) como o ato de imergi-se, e traz consigo sinônimos como mergulhar, entrar e submergir. A partir deste entendimento, a palavra imersão pode ser utilizada tanto para se dizer que alguém está imerso em água, ou num sentido mais figurado está imerso em alguma atividade. Algumas definições mais aplicadas aos sistemas digitais foram dadas por diversos autores. Couchot (2003), diz que imersão é a capacidade de um sistema de trazer seus usuários para dentro da realidade por ele construída. Radford (2000) descreve imersão como a habilidade de se entrar no jogo através de seus controles. Murray (1998) a define como a sensação de estar cercado por outra realidade, que toma toda a atenção e aparato perceptual. Pode-se dizer também que imersão é o grau de concentração que um indivíduo aplica na realização de uma determinada atividade. Essa atividade poderá explorar experiências nas quais os usuários podem utilizar seus sentidos, como audição, tato e visão, fazendo com que seja sentido um efeito de acoplamento, produzindo a sensação de imersão sensorial (SULER, 2008).

De acordo com Hansen (2006), os sistemas de RM convidam o usuário a participar com todo o seu corpo do momento interativo, o qual o foco está relacionado com a atividade motora, dessa forma explorando o sentido do tato. Esses usuários

cansados dos clichês e das tecnologias comumente utilizadas procuram uma nova forma de percepção e sensação do corpo no momento interativo, explorando outros sentidos.

Os videogames utilizaram por muito tempo da imersão sensorial, a qual fazia uso de imagens extremamente realistas e sons multicanais no intuito de envolver o jogador no ambiente do jogo. Porém, Paul (2004) diz que esta abordagem remete a um comportamento obsoleto no sentido de interação homem-computador, padronizando comportamentos e atitudes por parte dos usuários. Essa afirmação pode ser observada na indústria de videogames atual, na qual os fabricantes buscam novas formas de explorar os sentidos humanos através de sensores e câmeras de movimento.

Realidade mista ou realidade misturada pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais gerados por computador com o ambiente físico, contando com o apoio de algum dispositivo tecnológico em tempo real (KIRNER; TORI, 2004). Desta forma a realidade misturada incorpora objetos virtuais ao mundo real, sendo chama de RA ou leva os objetos reais ao mundo virtual, tendo o nome de virtualidade aumentada.



Figura 1. Realidades

A RA permite que o usuário veja o mundo real com elementos virtuais sobrepostos ou compostos, suplementando a realidade, não a substituindo por completo. Azuma (2001, tradução nossa) cita ainda que para um sistema ser considerado de RA ele precisa ter as seguintes características: combinar objetos reais e virtuais em uma ambiente real; funcionar de maneira interativa e em tempo real; registrar objetos reais e virtuais uns com os outros.

Outra definição dada a RA é feita por Kiner e Kiner (2007), na qual caracteriza-se pela inserção de objetos virtuais no ambiente físico em tempo real, feita com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando uma interface do ambiente real adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais. Considerando somente o sentido da visão, a RA permite que os objetos virtuais criados possam ser manuseados com a própria mão, proporcionando desta forma uma interação natural e atrativa com o ambiente.

O processo de funcionamento desse sistema consiste na função da câmera rastrear o sinal e o movimento do marcador que será manipulado pelo usuário. Essa manipulação manda informações em tempo real para a unidade central de processamento do computador (CPU), que identifica o marcador e procura imagem a ser mostrada que tenha lhe sido atribuída. Após isso é mostrado essa imagem no monitor, sobreposta ao

cartão marcador se misturando com o mundo real capturado pela *webcam* (CORREA, 2011).

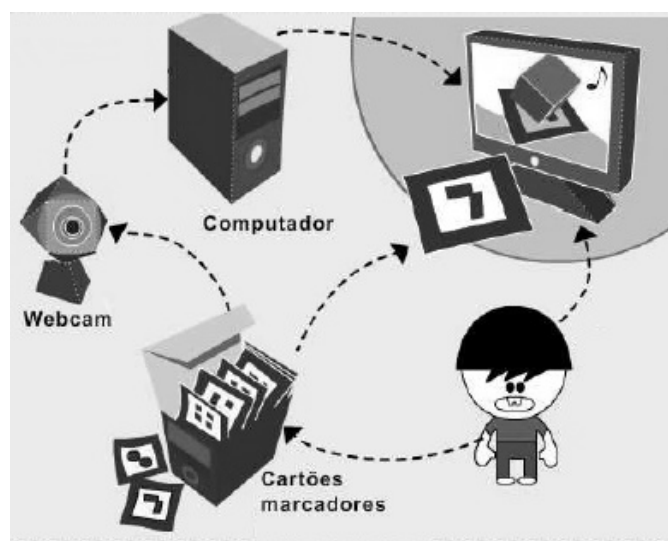


Figura 2. Funcionamento da Realidade Aumentada

As técnicas de avaliação e testes de usabilidade podem auxiliar tanto na fase de desenvolvimento quanto no final do produto. Existem diversos métodos e técnicas para a realização dessas avaliações de interfaces, as quais diferem entre si pelos seguintes aspectos: paradigma, objetivo, contexto a ser avaliado, momento e forma de coleta de dados e tipo de análise realizada a partir dos dados levantados (PREECE, ROGERS; SHARP, 2005). A escolha de quais técnicas utilizar varia de acordo com o contexto no qual os testes serão aplicados, portanto faz-se necessário compreender as diferentes características dos métodos mais utilizados, para se definir qual deles é mais apropriado para o contexto em questão.

Para coletar os dados gerados pelos usuários durante seu período de testes, podem ser utilizadas diferentes técnicas, as quais devem ser escolhidas dependendo do objetivo da avaliação a ser feita. Os tipos de dados coletados podem ser divididos entre qualitativos e quantitativos. Normalmente os dados quantitativos são usados para avaliar a eficiência e produtividade de um sistema e com o objetivo de comparação. A análise desses dados é feita comumente através de estatísticas simples, como média e desvio padrão. Os dados qualitativos são os resultados não numéricos, como sugestões, elogios e problemas que os usuários encontraram durante os testes, e normalmente permitem identificar quais são as características de interação relacionadas com os aspectos medidos e observados.

Para ajudar avaliadores sem experiência no planejamento e realização de uma avaliação de IHC, Barbosa e Prates (2003) e Preece, Rogers e Sharp (2005) propõem a utilização do esquema DECIDE, o qual é dividido em seis atividades com aspectos próprios: determinar os objetivos gerais da avaliação: refere-se ao fato de esclarecer quais são as perguntas gerais da avaliação e por que fazê-la; explorar as questões específicas: trata-se de decompor as perguntas gerais em perguntas específicas ao sistema a ser avaliado. Elas são necessárias para permitir que os objetivos da avaliação sejam alcançados; escolher os paradigmas e técnicas de avaliação que responderão as perguntas anteriores: entre os aspectos que devem ser considerados para escolha das técnicas e paradigmas, destacam-se o prazo, o custo, os equipamentos, grau de

experiência dos avaliadores e principalmente estar em concordância com as perguntas específicas; identificar questões práticas que devem ser abordadas: considera-se aqui qualquer fator que influencie na realização ou elaboração do teste, como número e perfil dos usuários, local do teste, seleção de tarefas, planejamento e preparação do material de avaliação, equipamentos utilizados e outros; decidir como lidar com questões éticas: como os usuários estarão participando de testes, esses têm o direito de saber onde serão utilizados os dados gerados, qual a finalidade, quais são os termos de desistência e qualquer outro aspecto que envolva sua participação; avaliar, interpretar e apresentar os dados: significa como a avaliar e entender os dados gerados pela coleta e como apresentá-los para a verificação de resultados. É importante considerar aspectos como a confiabilidade dos dados e se ele mede o que deveria medir.

3. Avaliação da Interação e Imersão na Realidade Aumentada

A principal característica de um sistema de RA é o envolvimento do usuário por meio da interação e imersão sensorial. A validação destas características envolve a observação de parâmetros humanos e requisitos funcionais e não funcionais presentes no sistema a partir de uma avaliação subjetiva e de experiência de uso. O estudo de caso deste trabalho realizou uma avaliação com usuários finais, qualificando e quantificando sua interação e imersão em ambientes de RA aplicada em jogos de cartas. As etapas do estudo de caso consistiram na definição da metodologia de avaliação; identificação do jogo e dos ambientes a serem utilizados no teste; perfil de usuários da avaliação; descrição do roteiro e materiais de teste com usuários; e discussão dos resultados da avaliação. A partir do levantamento bibliográfico, optou-se em utilizar o *framework* DECIDE de Preece, Rogers e Sharp (2003) para avaliação. Dessa forma a metodologia aplicada neste trabalho consistiu em alcançar o seguinte objetivo: avaliar a interação e imersão na RA. Nesse sentido foi possível conseguir os seguintes objetivos específicos: obter dados qualitativos referentes à imersão sensorial com a observação do envolvimento do usuário na aplicação de RA considerando os aspectos gráficos, cor e som; obter dados qualitativos referente interação do usuário com o sistema de RA, a partir do comportamento, capacidade reativa, tato e dispositivos utilizados; obter dados quantitativos sobre o número de erros durante a realização de determinada tarefa; obter dados quantitativos sobre o tempo gasto para realização de determinada tarefa; registrar aspectos sobre a satisfação subjetiva do usuário.

Visando alcançar esses objetivos foram utilizadas técnicas de usabilidade, as quais são descritas a seguir: observação: nesse método o avaliador observou os usuários e fez uso de gravações de vídeos e anotações em papel, os quais foram posteriormente analisados. Foi utilizada a técnica de “pensar em voz alta” de Erikson e Simon (1985), a qual as pessoas devem dizer em voz alta o que estão pensando. Esse método foi utilizado para estabelecer indicadores qualitativos de interação e imersão; testes com usuários: nessa técnica os usuários foram convidados a realizar tarefas pré-determinadas pelo avaliador, obtendo dados quantitativos e qualitativos de interação e imersão; opinião dos usuários: foi realizado um questionário estruturado após o usuário fazer o uso do ambiente testado, obtendo-se mais dados qualitativos e quantitativos.

O cenário para avaliação consistiu em utilizar três tipos de ambientes de trabalho, real, virtual e com RA. Nesse contexto o jogo escolhido foi um que estivesse presente em todos esses cenários, se tratando de um jogo de mesa, mais especificadamente de cartas colecionáveis. Sendo composto por cartas, na qual cada

uma tem seus atributos específicos, as quais são dispostas em uma mesa conforme o jogo evolui, dessa maneira determinam-se quem é o ganhador ou perdedor dependendo do atributo de cada carta.

Os ambientes que foram utilizados diferem na maneira em que o usuário interage com o mesmo, desta forma proporcionam experiências imersivas diferentes. A seguir serão descritos os ambientes utilizados: real: neste ambiente os jogadores utilizam de suas mãos para colocar as respectivas cartas na mesa, não havendo nenhum tipo de tecnologia envolvida, dessa maneira fica a cargo da imaginação visualizar as batalhas dos personagens. Os resultados determinando quem ganha ou perde é também apresentado pelos próprios jogadores. Nesse caso o jogo de cartas colecionáveis usado será o *Magic: The Gathering*, em que o único requisito é referente ao número de jogadores, onde são obrigatórios no mínimo dois usuários, ao contrário dos outros modelos, onde há possibilidade de se jogar contra o computador; virtual: neste cenário os jogadores utilizam de um computador *Desktop* para jogar, interagindo com o mesmo através do mouse e teclado. Todo ambiente, inclusive as cartas, são criados pelo computador e sua visualização é feita através de um monitor. Nesse modelo os usuários contam com recursos visuais mais elaborados e com recursos auditivos, os quais eram ausentes no ambiente anterior. O jogo utilizado será *Magic: The Gathering – Planeswalkers 2013*, que roda na plataforma *Windows*; baseado em RA: neste caso o usuário utiliza da RA para misturar os dois ambientes descritos acima, fazendo o uso de suas cartas físicas, colocando-as em cima de uma mesa. Essas cartas contam com um marcador de RA, no qual o mesmo é identificado pela *web cam*, fazendo com que elas ganhem “vida” e sejam visualizadas através de um monitor. Dessa maneira o usuário tem estimulação tanto no sentido tátil, quanto auditivo e visual. Foi utilizado como hardware um console da *Sony*, o *Playstation 3*, e uma câmera, a *Playstation Eye*, a qual é compatível com o console em questão. Dentre os recursos de software, foi usado o jogo *Eye of The Judgement*, o qual vem acompanhado de cartas e um pequeno tabuleiro.

Para avaliação dos diferentes ambientes foram selecionados usuários, os quais deveriam ter ao menos um conhecimento básico em informática. Eles foram divididos em três diferentes perfis de acordo com as metas da avaliação. Esses perfis são: principiante, intermediário e experiente, sendo que os usuários foram separados baseados no nível de experiência de cada um.

Os usuários passaram por diversos procedimentos e testes, de forma que todos testaram os três tipos de sistemas, reduzindo assim o número de utilizadores e os efeitos provenientes de diferenças pessoais (PREECE, ROGERS; SHARP, 2005). A seguir será descrito o roteiro que foi adotado para a realização dos testes: o avaliador recebe o participante, o cumprimenta e o convida a sentar-se; o avaliador entrega ao participante o Questionário para Identificação de Perfil; o avaliador explica que não é o participante que está sendo avaliado, e sim a interface; o avaliador entrega a folha de Instruções ao Participante, essa contém informações sobre como funcionam os ambientes testados e o que o participante irá avaliar; o avaliador descreve o ambiente que será testado naquele momento; o avaliador lê a Lista de Tarefas; o avaliador passa para próxima tarefa somente quando o participante terminar a anterior ou desistir, seguindo até que a lista termine; o avaliador anota durante a execução das tarefas dados qualitativos, quantitativos, de satisfação e observações de acordo com a Folha do Avaliador; após a realização de todas as tarefas o avaliador entrega o Questionário de Avaliação daquele ambiente ao participante, deixando-o a vontade; após o término do questionário de

avaliação, o avaliador agradece a participação do usuário; o roteiro é repetido da letra e a j até que todos ambientes sejam testados.

A coleta dos dados foi feita com seis utilizadores diferentes, os quais foram convidados pelo avaliador a participar do teste. A primeira etapa consistiu nos usuários responderem o questionário de identificação de perfil, o qual tem todos seus dados mostrados no Apêndice F. Esse questionário foi importante para avaliar o nível de experiência e conhecimento dos participantes, podendo assim dividi-los nos três diferentes perfis. Dentre os seis utilizadores que participaram dos testes, todos já tinham experiência prévia no uso de computadores a mais de um ano e faziam uso dele constantemente, tanto para atividades do dia a dia, quanto para jogar. Com a coleta de todos os dados do questionário de identificação, foi possível definir a classificação dos usuários nos perfis principiante, intermediário e experiente, ficando composta de dois usuários para cada categoria.

Na primeira tarefa foi solicitado que os participantes apenas lessem os atributos da sua primeira carta, sendo avaliados seis diferentes itens durante a execução. Os resultados nos ambientes real e RA foram uniformes, sendo que somente dois itens tiveram resultados diferentes de zero: o tempo até o usuário iniciar a leitura; o número de passos/ ações necessários até o usuário iniciar a leitura. Esses dois ambientes tiveram o mesmo desempenho, fato que se explica por fazerem uso de cartas reais, as quais continham as informações que precisavam ser lidas. No ambiente virtual, porém, os usuários tiveram necessidade de utilizar o mouse para conseguir ler as suas respectivas cartas, fato que contribuiu para um aumento de tempo até o início da leitura e maior número de passos/ações necessários. Além disso, dois usuários não obtiveram êxito em concluir a tarefa, pois clicaram com o botão errado do mouse e acabaram jogando a carta ao invés de lê-la, sendo que um desses participantes expressou um sentimento de frustração.

A partir da comparação dos perfis estabelecidos no início da avaliação com os resultados da tarefa 1, pôde-se perceber que os usuários que não obtiveram sucesso foram os considerados principiantes, demonstrando que a interação “palpável” do ambiente Tradicional e RA torna-se mais fácil de interagir para aqueles que não têm um conhecimento avançado.

Na segunda tarefa foi pedido aos usuários para lerem a segunda carta, em seguida, lerem a terceira carta e depois jogá-la. Foram avaliados cinco diferentes itens durante a execução desta tarefa. Novamente os ambientes real e com RA foram idênticos no quesito número de passos/ações, totalizando sempre três, enquanto no ambiente virtual aconteceu como visto na tarefa anterior, sendo que desta vez o número de ações variou de no mínimo quatro e no máximo seis. Os aspectos relacionados aos números de erros e de frustrações obtiveram zero em todos os ambientes. O aspecto mais relevante dessa tarefa ficou por conta do número de satisfações, o qual no ambiente real obteve-se zero, enquanto no virtual e na RA teve-se de uma a duas satisfações por usuário. A partir da observação constatou-se que este número de satisfações no ambiente real e de RA foi devido ao fato dos usuários jogarem a carta, e obterem uma resposta com recursos auditivos e visuais detalhados. No caso do ambiente real, o qual não se teve nenhum tipo de resposta à ação do jogador, não foi possível identificar nenhuma forma de satisfação.

A terceira tarefa analisou quanto tempo os usuários demorariam a perceber que estavam fazendo uma jogada proibida, baseado nas regras do jogo, as quais foram explicadas a todos participantes antes de cada teste. Dessa vez os três ambientes obtiveram resultados parecidos, os quais a grande maioria dos usuários perceberam mentalmente que estavam fazendo uma jogada proibida e avisaram o avaliador. A ressalva fica por conta dos usuários 2 e 4, considerados de perfil principiante, em que no ambiente real não perceberam nada, dessa forma não completando com sucesso a tarefa. O usuário 4 ainda teve um maior tempo para perceber que estava errado na plataforma virtual, e só o conseguiu pois teve o retorno (*feedback*) do jogo mostrando que aquela carta não poderia ser jogada. No ambiente de RA ele não teve nenhum problema para identificar a jogada proibida, mas acredita-se que isso se deve ao fato do aprendizado gerado no ambiente virtual.

A quarta tarefa destinou-se principalmente a observar os aspectos de frustração e satisfação dos usuários nos três tipos de ambientes, durante cinco minutos. O principal problema encontrado foi referente ao modo real de jogo, o qual não havia nenhum adversário para ser enfrentado. Dessa forma, todos os participantes desistiram antes dos cinco minutos e expressaram certa frustração. No ambiente virtual a quantidade de frustrações, satisfações ou nenhuma dessas duas sensações variou de usuário para usuário, na havendo um resultado homogêneo, ao contrário do ambiente de RA, no qual todos os usuários expressarão alguma forma de satisfação e nenhuma forma de frustração. Houve ainda três participantes que saíram satisfeitos com o ambiente de RA, sendo que um deles pediu para continuar jogando.

A terceira e última etapa da avaliação consistiu em quatro questionários, um para cada um dos três ambientes, os quais são compostos por onze questões, e o quarto questionário que foi aplicado ao final de todos os testes, composto por duas questões. As questões têm por objetivo avaliar a satisfação dos usuários nas três diferentes plataformas, e tiveram suas respostas divididas em escala, no caso de muito difícil a muito fácil e discordo totalmente a concordo totalmente. A partir da análise dos dados coletados foi possível verificar que o ambiente da RA obteve em sua maioria um resultado positivo, no qual de 5 a 6 usuários acharam esse ambiente fácil ou muito fácil de se utilizar ou concordaram com o aspecto positivo perguntado através das nove questões do questionário. Ao revés, nenhum usuário citou a RA como difícil ou muito difícil, ou discordaram do aspecto positivo perguntando pelo questionário. Essa preferência dos usuários pelo ambiente da RA no que diz respeito à interação e imersão pode ser visto ao verificarem-se as questões dez e onze, as quais os usuários poderiam escolher mais de uma resposta e perguntavam o que eles mais gostaram a respeito daquele determinado ambiente, ou então o que menos gostaram.

Pode-se perceber a partir da análise das respostas, o fato de poder sentir as cartas e a forma de interação foram os pontos positivos apontados pelos participantes no ambiente Real, enquanto os aspectos visuais e ausência de som foram os negativos. No ambiente Virtual os quesitos que tiveram maior aprovação pela maioria dos usuários foram os aspectos sonoros e os visuais, enquanto que alguns pontos negativos foram citados por alguns usuários, mas não tiveram uma maior expressão. Já no ambiente de RA pode-se perceber uma mistura das qualidades positivas dos dois ambientes anteriores, em que poder sentir as cartas, a forma de interação, os aspectos sonoros e os visuais são quesitos que os usuários mais gostaram, não apontando nenhum aspecto negativo.

O resultado dessa preferência pode ser visto nas últimas questões do resultado da avaliação, as quais eram respondidas após os usuários passarem pelos três ambientes de testes e tinham como pergunta qual plataforma mais gostaram e qual menos gostaram, constatando-se dessa forma uma preferência quase unânime por parte da RA na preferência dos usuários. Por outro lado, os ambientes real e virtual tiveram resultados semelhantes na questão referente à qual plataforma que os participantes menos gostaram.

7. Conclusão

A investigação e validação da interação e imersão sensorial em ambientes de realidade aumentada foram o principal foco e motivação deste trabalho. O principal objetivo, por sua vez, foi avaliar a aplicação desses conceitos em um ambiente de RA. A avaliação foi realizada a partir de um estudo de caso aplicado em um jogo de cartas colecionáveis, em que foram comparadas as experiências de uso dos usuários em três ambientes diferentes: real; virtual; e RA. Constatou-se que as proposições teóricas do estudo de caso restaram confirmadas. Os resultados apresentados e discutidos na pesquisa comprovam que a qualidade da interação e imersão sensorial é fundamental para proporcionarem uma melhor experiência de uso em jogadores-usuários de jogos digitais.

Verifica-se, ademais, que os objetivos específicos foram plenamente alcançados pela pesquisa. A partir do levantamento bibliográfico, envolvendo a interação humano-computador, imersão, realidade aumentada e avaliação de interfaces interativas, foi possível: compreender os principais conceitos e características de IHC, RA, imersão e interação; descrever a arquitetura de funcionamento da RA; e, por fim, identificar e descrever métodos e técnicas para avaliação de interfaces interativas;

Para validação da interação e imersão sensorial em ambientes de RA foi realizada uma avaliação com usuários finais em um estudo de caso comparativo aplicado em um jogo de cartas colecionáveis disponibilizado em três ambientes diferentes, o real, o virtual e com realidade aumentada. A partir dos resultados obtidos dos testes com usuários, pode-se verificar que a RA consegue unir os aspectos positivos do ambiente real e do virtual. Efetivamente, a RA diminui o número de ações e o tempo necessário para o usuário resolver determinada tarefa, utilizando-se as mãos e, ao mesmo tempo, promovendo uma imersão sensorial mais realista.

Além disso, a RA promoveu aumento na satisfação dos usuários participantes, fato devido à forma de interação e sua capacidade de imersão quando comparada aos demais ambientes testados. Ao trazer objetos virtuais ao mundo do usuário, faz-se com que a interação ocorra de maneira mais natural, demonstrando ser uma proposta eficiente para melhorar a experiência de uso em jogos digitais.

Referências

- AURÉLIO, Buarque De Holanda Ferreira. Miniaurélio eletrônico. Brasil: Positivo, 2004.
- AZUMA, Ronald T. et al. Recent advances in augmented reality. Ieee Computer Graphics And Applications, p.34-47, 01 nov. 2001.

- CORREA, Ana Grasielle Dionisio. Realidade Aumentada Musical Para Reabilitação: Estudo de Caso em Musicoterapia. 2011. 214 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2011.
- COUCHOT, Edmond. A tecnologia na arte: da fotografia à realidade virtual. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2003. 319 p.
- HANSEN, M. Bodies in Code. New York, Routledge. 2006.
- KIRNER, Claudio; KIRNER, T. G. Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization. Hershey, Ny: Igi Publishing, 2007.
- KIRNER, Claudio; TORI, Romero. Realidade Virtual Conceitos e Tendências: Livro do Pré-SimpósioVII Symposium on Virtual Reality. São Paulo: Senac, 2004.
- MURRAY, J. Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace. Cambridge/MA: The MIT Press, 1998.
- PAUL, Christiane. L' Art numérique. Trad. do inglês por Dominique Lablanche. Paris: Editions Thames & Hudson, 2004
- PRATES, Raquel Oliveira; BARBOSA, Simone D. Junqueira. Avaliação de interfaces de usuário - conceitos e métodos. Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação – SBC: Campinas, SP, 2003.
- PREECE, Jenny; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. Design de interação: além da interação homem-computador. Bookman, 2005.
- RADFORD, A. Games and Learning about Form in Architecture. Automation in Construction, n.9, 379-385. 2000.
- SULER, John. The Psychology of Cyberspace.