



**Marcus Franco Costa de Alencar**

**Composição de Métodos de  
Avaliação de IHC para  
Ambientes Virtuais Híbridos:  
Um Estudo de Caso com a  
HybridDesk**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio.

Professora orientadora: Simone Diniz Junqueira Barbosa

Professor co-orientador: Alberto Barbosa Raposo

Rio de Janeiro  
Agosto de 2009



**Marcus Franco Costa de Alencar**

**Composição de Métodos de  
Avaliação de IHC para  
Ambientes Virtuais Híbridos:  
Um Estudo de Caso com a  
HybridDesk**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico e Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Profa. Simone Diniz Junqueira Barbosa**  
Orientadora  
PUC-Rio

**Prof. Alberto Barbosa Raposo**  
Co-Orientador  
PUC-Rio

**Profa. Clarisse Sieckenius de Souza**  
PUC-Rio

**Prof. Hugo Fuks**  
PUC-Rio

**Profa. Karin Koogan Breitman**  
PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**  
Coordenador Setorial do Centro  
Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 21 de agosto de 2009

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Marcus Franco Costa de Alencar**

Graduou-se em Engenharia Eletrônica no ITA em dezembro/1976. Completou o curso de pósgraduação lato sensu MBA em Marketing em abril/2000 na FGV-RJ. Sua área de pesquisa atual é a Interação Humano-Computador aplicada a ambientes virtuais. Sua experiência profissional inclui mais de 30 anos atuando como consultor, gerente de marketing, gerente de desenvolvimento e gerente de operações nas áreas espacial, telecomunicações e informática.

### Ficha Catalográfica

Alencar, Marcus Franco Costa de

Composição de métodos de avaliação de IHC para ambientes virtuais híbridos : um estudo de caso com a HybridDesk / Marcus Franco Costa de Alencar ; orientador: Simone Diniz Junqueira Barbosa ; co-orientador: Alberto Barbosa Raposo. – 2009.

196 f. : il.(color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Interação humano-computador. 3. IHC. 4. Interface de usuário. 5. Avaliação de comunicabilidade. 6. MAC. 7. Usabilidade. 8. Avaliação qualitativa. 9. Ambiente virtual. I. Barbosa, Simone Diniz Junqueira. II. Raposo, Alberto Barbosa. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. IV. Título.

CDD: 004

## Agradecimentos

À minha esposa e meus filhos, pelo apoio e compreensão ao longo desta jornada, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus familiares e meus amigos, por acreditarem em mim e me incentivarem.

Aos meus orientadores, Simone e Alberto, pelos conhecimentos transmitidos, pela orientação recebida, e por terem acreditado no meu trabalho.

Ao Felipe, designer da HybridDesk e que esteve sempre disponível para me dar o suporte necessário, sem o qual este trabalho não seria possível.

À Luciana, que foi uma ajuda fundamental na realização do MAC, com seus conhecimentos, sua ajuda e disposição em participar, mesmo quando não tinha tempo para seus próprios afazeres.

Aos meus colegas do Tecgraf, em particular o Manuel e o Peter Hohl, que me ajudaram a viabilizar este trabalho na prática.

Aos participantes das sessões de observação, pela disposição em me ajudar voluntariamente, sem a qual esta avaliação não seria possível.

Aos meus colegas de mestrado, pelo apoio nos grupos de estudo, pelas dificuldades que vencemos juntos, que permitiu a chegada a esse momento.

Ao Tecgraf, por todo o apoio recebido, oferecendo a infraestrutura e disponibilizando os recursos necessários para a realização deste trabalho.

Finalmente, agradeço à PUC-Rio e ao CNPq pelo auxílio financeiro concedido durante o mestrado.

## Resumo

Alencar, Marcus Franco Costa de; Barbosa, Simone Diniz Junqueira; Raposo, Alberto Barbosa. **Composição de Métodos de Avaliação de IHC para Ambientes Virtuais Híbridos: Um Estudo de Caso com a HybridDesk**. Rio de Janeiro, 2009. 196p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O design da interação vem sendo finalmente reconhecido como um fator fundamental para a maior aceitação e utilização eficaz de aplicações e sistemas computacionais. Aplicações que fazem uso de ambientes virtuais (AV) vêm sendo desenvolvidas em número crescente e com finalidades cada vez mais diversas e inovadoras. Entretanto, o conhecimento sobre design e avaliação da interação com aplicações em AVs ainda é recente e carente de métodos e técnicas bem estabelecidas. O foco deste estudo é a avaliação da comunicabilidade e da usabilidade da HybridDesk, um equipamento projetado para interação com AVs e que possui três ambientes de interação distintos. O método de avaliação de comunicabilidade (MAC), desenvolvido com base na engenharia semiótica, é um método recente e inovador, fazendo uma avaliação qualitativa com foco na recepção pelo usuário, em tempo de interação, da mensagem de metacomunicação do designer, buscando identificar questões de comunicabilidade e elaborar o perfil semiótico da metacomunicação. Existem diversos métodos para avaliação de usabilidade, tanto qualitativos como quantitativos, alguns inclusive já aplicados na avaliação de AVs. Este estudo aplica alguns desses métodos, privilegiando uma avaliação qualitativa, embora inclua também resultados quantitativos. Inclui uma avaliação heurística bem como sessões de observação de uso com foco na percepção da interação pelos usuários, buscando identificar questões de IHC em ambientes virtuais híbridos. Este estudo faz também uma comparação dos resultados da aplicação dos diversos métodos, mostrando que todos contribuíram de alguma forma distinta para o resultado da avaliação da HybridDesk. Os resultados também destacam e reforçam a importância de alguns aspectos da interação, como a compatibilidade dos diversos sistemas de significação envolvidos na interação, e a necessidade de se buscar a integração das tarefas 1D, 2D e 3D de forma imperceptível para o usuário.

### Palavras-chave

Interação humano-computador; IHC; interface de usuário; avaliação de comunicabilidade; MAC; usabilidade; avaliação qualitativa; ambiente virtual.

## Abstract

Alencar, Marcus Franco Costa de; Barbosa, Simone Diniz Junqueira (Advisor); Raposo, Alberto Barbosa (Co-advisor). **Composition of HCI Evaluation Methods for Hybrid Virtual Environments: A Case Study with the HybridDesk**. Rio de Janeiro, 2009. 196p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Interaction design has been finally recognized as a key factor for a broader acceptance and the effective utilization of applications and systems. Virtual environment (VE) applications are being developed in growing numbers and aiming to fulfill even more diverse and innovative needs. But the knowledge about interaction design and evaluation of VE applications is still recent and lacks well established methods and techniques. The focus of this study is the communicability and usability evaluation of the HybridDesk, an equipment designed for the interaction with VEs that includes three different interaction environments. The communicability evaluation method (CEM), based on the semiotic engineering, is an innovative and recent method, performing a qualitative evaluation focused in the reception by the user of the designer metacommunication message, at user interaction time, aiming to identify communicability issues and to produce the semiotic profiling of the metacommunication. There are several usability evaluation methods, both qualitative and quantitative, including some already applied to VEs. This study has applied some of these methods, favoring a qualitative evaluation, although also providing some quantitative results. It includes an heuristic evaluation as well as usage observation sessions with a focus on the user perception of the interaction, aiming to identify HCI issues in hybrid virtual environments. This study also produces a comparison of the evaluation results of the various methods applied, demonstrating that they all contribute in a distinct way to the evaluation results of the HybridDesk. The results also highlight and reinforce the importance of some interaction aspects, like the compatibility among the various signification systems involved during user interaction, and the need to look for the seamless integration of 1D, 2D and 3D tasks from the user perspective.

### Keywords

Human-computer interaction; HCI; user interface; communicability evaluation; CEM; usability; qualitative evaluation; virtual environment.

# Sumário

1	Introdução	14
1.1.	Cenário Atual	14
1.2.	Motivação	14
1.3.	Objetivo	15
2	Fundamentação Metodológica	16
2.1.	Avaliação de IHC	16
2.2.	O Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC)	17
2.2.1	Preparação do Teste	17
2.2.2	Aplicação do Teste	18
2.2.3	Etiquetagem da Interação	19
2.2.4	Interpretação dos Dados	21
2.2.5	Elaboração do Perfil Semiótico	22
2.3.	Métodos de Avaliação de Usabilidade	23
2.4.	Avaliação de IHC em Ambientes Virtuais	28
3	Metodologia de Avaliação	32
3.1.	Plano de Avaliação Consolidado	32
3.1.1	Preparação da Avaliação	35
3.1.2	Plano de Execução da Observação de Uso (Aplicação do Teste)	39
3.1.3	Plano de Etiquetagem da Interação [Comunicabilidade]	42
3.1.4	Plano de Interpretação dos Dados [Comunicabilidade]	42
3.1.5	Plano de Elaboração do Perfil Semiótico [Comunicabilidade]	43
3.1.6	Plano de Tabulação e Interpretação dos Dados [Usabilidade]	43
3.2.	Ambiente de Avaliação	44
3.2.1	Componentes	44
3.2.2	Ambientes de Interação	46
3.2.3	Tarefas de Interação e Transição	48
4	Preparação e Execução da Avaliação	53
4.1.	Preparação da Avaliação	53

4.1.1	Identificação das Tarefas	53
4.1.2	Inspeção informal com Base na Engenharia Semiótica	54
4.1.3	Definição do Perfil dos Avaliadores	58
4.1.4	Definição do Perfil dos Participantes	59
4.1.5	Definição dos Cenários de Uso	59
4.1.6	Preparação do Material para Observação de Uso	62
4.1.7	Configuração e Ajustes do Ambiente de Avaliação	62
4.1.8	Seleção e Recrutamento dos Participantes	63
4.1.9	Execução do Teste Piloto	63
4.2.	Execução da Avaliação Heurística	65
4.3.	Execução das Observações de Uso	66
4.3.1	Dados de Perfil e Experiência dos Participantes	66
4.3.2	Dados Coletados nas Observações de Uso	67
5	Resultados da Avaliação	69
5.1.	Resultados do MAC	69
5.1.1	Etiquetagem da Interação	69
5.1.2	Interpretação dos Dados	71
5.1.3	Elaboração do Perfil Semiótico	80
5.2.	Resultados da Avaliação de Usabilidade	82
5.2.1	Resultado da Avaliação Heurística	83
5.2.2	Tabulação e Interpretação das Observações de Uso	87
5.2.2	Questionário e Entrevista de Usabilidade	95
5.2.3	Questionário de Senso de Presença (IPQ)	101
6	Discussões	105
6.1.	Comparação dos Resultados das Avaliações	105
6.2.	Impacto do Perfil do Usuário e Treinamento na Avaliação	109
6.3.	Avaliação de Senso de Presença	110
6.4.	Interação com Múltiplos Designers	111
6.5.	Questões Relacionadas ao Dispositivo de Entrada	112
7	Conclusão	114
8	Referências	118
	Apêndice A – Diretrizes para a Avaliação Heurística	122

A.1 Usuários de AV e Tarefas de Usuários de AV	122
A.2 Interface do Usuário de AV – Mecanismos de Entrada	127
A.3 O Modelo Virtual	132
A.4 Interface do Usuário de AV – Componentes de Apresentação	135
Apêndice B - Material para Observação de Uso	139
B.1 Termo de Consentimento para Avaliação da HybridDesk	139
B.2 Questionário Pré-Usado - Perfil e Experiência Participante	141
B.3 Instruções de Uso	144
B.4 Instruções de Treinamento	145
B.5 Cenário de Uso 1	146
B.6 Instruções em Arquivo no Cenário 3D para o Cenário de Uso 1	147
B.7 Formulário para Observação do Cenário de Uso 1	148
B.8 Questionário Pós-Usado do Cenário de Uso 1	150
B.9 Entrevista Pós-Usado do Cenário de Uso 1	153
B.10 Cenário de Uso 2	155
B.11 Questionário Pós-Usado do Cenário de Uso 2	156
Apêndice C – Dados de Observação de Uso	158
C.1 Dados de Observação do Participante 2	159
C.1.1 Anotações de Observação de Uso	159
C.1.2 Sumário Dados de Usabilidade	164
C.1.3 Etiquetagem da Interação	167
C.2 Dados de Observação do Participante 3	169
C.2.1 Anotações de Observação de Uso	169
C.2.2 Sumário Dados de Usabilidade	171
C.2.3 Etiquetagem da Interação	174
C.3 Dados de Observação do Participante 4	175
C.3.1 Anotações de Observação de Uso	175
C.3.2 Sumário Dados de Usabilidade	177
C.4 Dados de Observação do Participante 5	180
C.4.1 Anotações de Observação de Uso	180
C.4.2 Sumário Dados de Usabilidade	183
C.5 Dados de Observação do Participante 6	186
C.5.1 Anotações de Observação de Uso	186
C.5.2 Sumário Dados de Usabilidade	188
C.6 Dados de Observação do Participante 7	191

C.6.1 Anotações de Observação de Uso	191
C.6.2 Sumário Dados de Usabilidade	193
C.6.3 Etiquetagem da Interação	196

## Lista de Figuras

Figura 1 - <i>Framework</i> de Características de Usabilidade em AV [Gabbard 1997]	31
Figura 2 – Etapas do Plano de Avaliação Consolidado	35
Figura 3 – Fluxo Consolidado de Atividades da Preparação da Avaliação	36
Figura 4 – Fluxo Consolidado de Atividades da Observação de Uso	40
Figura 5 – Mini-Cave com Monitor LCD ao Centro [Carvalho 2009]	45
Figura 6 – Óculos Estéreo com Rastreamento Ótico [Carvalho 2009]	45
Figura 7 – <i>Wand</i> do <i>Wii</i> com Rastreamento Ótico [Carvalho 2009]	45
Figura 8 – Ambiente VR-Navegação [Carvalho 2009]	46
Figura 9 – Ambiente VR-Manipulação [Carvalho 2009]	47
Figura 10 – Ambiente WIMP [Carvalho 2009]	47
Figura 11 – Seleção de um Objeto com <i>Ray casting</i> [Carvalho 2009]	48
Figura 12 – Seleção de um Ícone 3D com Anotação [Carvalho 2009]	49
Figura 13 – Ícone 3D Preso à <i>Wand</i> para Anexação ao Objeto (Escada) [Carvalho 2009]	49
Figura 14 – Comandos para Transição entre Ambientes de Interação [Carvalho 2009]	50
Figura 15 – Transições de Dispositivos de Interação na HybridDesk [Carvalho 2009]	51
Figura 16 – Animação para Indicar o Movimento do LCD para o Lado da MiniCAVE [Carvalho 2009]	52
Figura 17 – Animação para Indicar o Movimento do LCD para o Centro da MiniCAVE [Carvalho 2009]	52
Figura 18 – Gráfico das Respostas ao Questionário de Usabilidade – Tarefas	96
Figura 19 – Gráfico das Respostas ao Questionário de Usabilidade – Fatores	98
Figura 20 – Gráfico das Respostas ao Questionário IPQ	102
Figura 21 – Gráfico com os Valores Consolidados do IPQ por Subescala e Aplicação	103

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Etiquetas Usadas na Avaliação de Comunicabilidade [Salgado 2007, pp.40-45]	20
Tabela 2 – Alinhamento das Categorias Conversacionais com Problemas Interativos de Alto Nível e de Usabilidade [de Souza et al. 1999, Salgado 2007]	22
Tabela 3 – Perfil dos Participantes	66
Tabela 4 – Experiência dos Participantes (Legenda na Tabela 7)	67
Tabela 5 – Legenda das Respostas de Experiência dos Participantes	67
Tabela 6 – Distribuição das Etiquetas por Participante	71
Tabela 7 - Caracterização das expressões de comunicabilidade para etiquetagem apresentada em de Souza (2005, p.138), com revisões [Salgado 2007]	75
Tabela 8 – Distribuição das Etiquetas por Tarefa de Interação	77
Tabela 9 – Mapeamento das Etiquetas para Categorias de Problemas Típicos de IHC	78
Tabela 10 – Ocorrências de Questões de Comunicabilidade por Etiqueta e Categoria IHC	79
Tabela 11 – Sumário do Resultado da Avaliação Heurística	83
Tabela 12 – Questões de Usabilidade Levantadas pela Avaliação Heurística	87
Tabela 13 – Duração de cada Tarefa de Interação para cada Participante (em segundos)	88
Tabela 14 – Tempo Médio, Mínimo, Máximo e Desvio Padrão das Tarefas de Interação (em segundos)	88
Tabela 15 – Erros de Interação no Cenário de Uso 1 por Tarefa de Interação	90
Tabela 16 – Consolidação das Questões de Usabilidade Identificadas	92
Tabela 17 – Respostas ao Questionário de Usabilidade - Tarefas	96
Tabela 18 – Respostas ao Questionário de Usabilidade - Fatores	97
Tabela 19 – Questões de Usabilidade do Questionário e Entrevista	100
Tabela 20 – Respostas ao Questionário IPQ	101
Tabela 21 – Respostas Consolidadas do IPQ por Subescala e Aplicação	102
Tabela 22 – Comparação dos Valores de IPQ da HybridDesk com outras Aplicações	103

Tabela 23 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 1)	106
Tabela 24 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 2)	107
Tabela 25 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 3)	108
Tabela A.1 – Usuários de AV	123
Tabela A.2 – Tarefas de Usuários de AV	123
Tabela A.3 – Navegação e Locomoção	125
Tabela A.4 – Seleção de Objeto	126
Tabela A.5 – Manipulação de Objeto	127
Tabela A.6 – Mecanismos de Entrada em Geral da Interface de Usuário de AV	129
Tabela A.7 – Rastreamento da Localização e Orientação do Usuário	130
Tabela A.8 – Wands Mágicas, Mouses Voadores, SpaceBalls e Massas Reais	132
Tabela A.9 – Apresentação e Representação do Usuário	133
Tabela A.10 – Vizinhança e Ambientação Virtual	134
Tabela A.11 – Informação de Sistema e Aplicação em AV	135
Tabela A.12 – Feedback Visual – Representação Gráfica	138