

**Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção**

Irla Bocianoski Rebelo

**PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA DE
VERIFICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE
INTERAÇÃO EM SISTEMAS DE
REALIDADE VIRTUAL**

TESE DE DOUTORADO

**Florianópolis
Abril, 2004**

Irla Bocianoski Rebelo

**PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA
DE VERIFICAÇÃO DOS
PROCEDIMENTOS DE INTERAÇÃO
EM SISTEMAS DE REALIDADE
VIRTUAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção
da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

**Florianópolis
Abril, 2004**

Ficha Catalográfica

Rebelo, Irla Bocianoski

Proposta de uma Ferramenta de Verificação dos
Procedimentos de Interação em Sistemas de Realidade
Virtual / Irla Bocianoski Rebelo. – Florianópolis:
Departamento de Engenharia de Produção da UFSC,
2004.

172 p.

Tese de Doutorado em Engenharia de Produção
UFSC – PPGE

1. Realidade Virtual 2. IHC 3. Usabilidade 4. Avaliação
5. Verificação

Irla Bocianoski Rebelo

**Proposta de uma Ferramenta de Verificação dos
Procedimentos de Interação em Sistemas de
Realidade Virtual**

Esta Tese foi julgada e aprovada para a obtenção do título de
Doutor em Engenharia de Produção no **Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade
Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 28 de Abril 2004.

**Professor Edson Pacheco Paladini, Doutor
Coordenador do Curso**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Orientador

Eugenio Andrés Díaz Merino, Dr

Fabiano Garcia, Dr

Paulo H. Laporte Ambrozewicz, Dr
Examinador externo

Marcelo Silva Hounsell, Ph.D.
Examinador externo

Ao Rodolfo, pelo apoio constante e decisivo durante a elaboração desta pesquisa.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Santa Catarina e Engenharia de Produção, pela oportunidade concedida. À CAPES, CNPq e Fulbright, pelos benefícios remunerados. Ao Professor Ricardo Miranda Barcia, pelo crédito concedido e dedicação como orientador, e ao Professor Eugênio Merino, pela disponibilidade paciente de co-orientação. Aos membros da Banca, que aceitaram o convite de participação e contribuíram com posicionamentos decisivos para a aprovação deste trabalho. Ao pessoal da secretaria do PPGEP, em especial à Neiva Gaspareto e Rosimeri Maria de Souza, que estiveram sempre prontas a auxiliar-me e orientar-me com procedimentos burocráticos. Ao Laboratório de Realidade Virtual, que permitiu a viabilidade deste trabalho, com discussões construtivas de sua equipe, em especial a Onivaldo Rosa Junior, que acompanhou o desenrolar do trabalho de muito perto.

Enfim, à minha mãe, por todos os votos de coragem. E em especial, ao meu marido Rodolfo Pinto da Luz, por sua disposição e assistência em todos os momentos de desenvolvimento desta tese, inclusive por sua participação protetora e carinhosa ao meu lado.

A todos que direta ou indiretamente se fizeram presentes durante a elaboração desta tese.

A blueprint is just good thinking written down. You have to do the good thinking part first and the writing down second. One of the many secrets of good thinking is to learn from those who have suffered before you. Over time, design, architecture, software engineering, and usability have all developed many good rules of thumb to help us avoid making the same dumb mistakes our predecessors did.

Christina Wodtke (2002, p. 36)
Information Architecture

Resumo

REBELO, Irla Bocianoski. Proposta de uma ferramenta de verificação dos procedimentos de interação em sistemas de realidade virtual. 2004. 172 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

Este trabalho apresenta uma proposta para o desenvolvimento de uma ferramenta verificadora da usabilidade das interações em Ambientes Virtuais (AVs) considerando seus principais procedimentos: navegação, seleção e manipulação. A técnica de avaliação utiliza uma lista de verificação (*checklist*), que é escolhida por suas características adequadas às delimitações do projeto de pesquisa. Esta escolha está apoiada também pelas demandas encontradas através dos resultados de aplicação de um questionário junto à comunidade de realidade virtual no Brasil durante o trabalho de pesquisa desta tese. O resultado aponta uma deficiência no uso de procedimentos formais de avaliação com relação à usabilidade dos procedimentos de interação por aqueles que desenvolvem Sistemas de Realidade Virtual (SRV). A ferramenta proposta (Verificador das Interações de Ambiente Virtual - **VIAVirtual**) possui como usuários-alvo desenvolvedores de SVRs. Ela se apresenta dividida em três etapas. A primeira se refere à identificação do perfil; na segunda são realizadas as verificações através de uma lista de verificação personalizada, baseada no perfil; e a terceira etapa oferece um relatório de projeto de interação com o usuário, em que são apontados os procedimentos adotados e as inconsistências observadas. Sua validação é feita por meio de uma comparação entre resultados obtidos através de avaliação heurística e os resultados apresentados pela ferramenta. Essa verificação (validação) constatou consistência na proposta estrutural da ferramenta, demonstrando uma contribuição viável para a área de avaliação de SRVs. Esta proposta representa uma nova metodologia de avaliação para interações em SRV, representada por uma técnica de *chiecklist* adaptativo.

Palavras-chave: Interação; Ambientes Virtuais; Lista de Verificação; Avaliação; Usabilidade

Abstract

REBELO, Irla Bocianoski. Proposta de uma ferramenta de verificação dos procedimentos de interação em sistemas de realidade virtual. 2004. 172 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

This thesis is about the development proposal of an interaction verification tool in Virtual Environments (VEs) based on the VE main interaction procedures: navigation, selection and manipulation. The evaluation technique used is checklist due to its characteristics. Besides that, it is supported by the requirements from a survey results among the virtual reality Brazilian community as part of this doctoral research. The survey result spots a deficiency in the use of formal evaluation for interaction procedures usability by Virtual Reality Systems (VRS) developers. The proposed tool (Interactions Verifier on Virtual Environments – VIAVirtual) targets VRS developers as end users. The tool is divided in three phases. The first one is the VRS profile identification; the second phase the customized checklist based on the verified profile is available; and the third stage presents a user interaction project report, where the adopted procedures and the observed inconsistencies are listed. The validation of this tool was accomplished by a comparison among results obtained through heuristic evaluation and the results presented by the tool. The validation identified consistence on the tool structure proposal, demonstrating a feasible contribution to the VRS evaluation area. This proposal stands for a new evaluation methodology for interactions in VRS represented by an adaptive checklist technique.

Key words : Interaction; Virtual Environment; Checklist; Evaluation; Usability

SUMÁRIO

Lista de Figuras	xii
Lista de Quadros	xii
Lista de Tabelas	xii
Siglas	xiv
Glossário	xiv
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Proposta de Pesquisa	16
1.2 Justificativa	19
1.3 Áreas do Conhecimento	21
1.4 Objetivos	22
1.5 Metodologia	23
1.6 Hipóteses	24
1.7 Delimitações	25
1.8 Estrutura do Trabalho	27
2 AMBIENTES VIRTUAIS E AVALIAÇÃO DE USABILIDADE	29
2.1 IHC: Interface ou Interação entre Homem e Computador	29
2.1.1 Interface ou interação?	29
2.1.2 Diálogo, Interface ou Interação	30
2.1.2.1 Entendimento dos Termos	31
2.1.3 Sistemas Computacionais	32
2.1.3.1 Ambiente Bidimensional	33
2.1.3.2 Sistema de RV	35
Interações em Ambientes Virtuais	37
Dispositivos	37
Obtenção de Informações	39
Execução de Tarefas	40
Os Estímulos da Visão	41
2.2 Usabilidade e seus Conceitos	42
2.2.1 Normas de Qualidade	43
2.2.1.1 Referência Brasileira da Norma 9126	44
2.2.1.2 Arquitetura da Norma NBR ISO/IEC 9126	45
Aplicação da Norma	46
2.2.2 Qualidade de Software no Brasil	47
2.2.2.1 Qualidade em Projetos de SRV	49
2.2.3 Conceitos Encontrados na Literatura	51
2.2.4 Usabilidade de AVs	52
2.2.4.1 Pesquisas na Área	52
As tarefas de interação	55
Projeto centrado no usuário	57
2.3 Avaliação	57
2.3.1 Procedimentos para Escolha da Técnica	58
2.3.2 O Ciclo de Vida do Produto	59
2.3.3 Técnicas de Avaliação	62
2.3.3.1 Técnicas Prospectivas	63
Questionários	64
2.3.3.2 Técnicas Analíticas ou Preditivas	66
Análise da Tarefas	66
Avaliação Heurística	67
Inspeções por <i>Checklists</i>	69
Inspeção Cognitiva	70
2.3.3.3 Técnicas Objetivas ou Empíricas	71
Ensaios de Interação	71
Sistemas de Monitoramento	72
2.3.4 Avaliação de SRV no Brasil	72
2.4 Revisão	75

3	PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA DE VERIFICAÇÃO	77
3.1	Processo da Escolha	77
3.1.1	Justificativas	79
3.2	Requisitos	81
3.2.1	Variáveis	82
3.3	Planejamento da Ferramenta	83
3.4	Projeto da Proposta VIAVirtual	84
3.5	Perfil	86
3.5.1	Classificação dos procedimentos de interação	88
3.5.1.1	Navegação	89
3.5.1.2	Seleção	93
3.5.1.3	Manipulação	95
3.5.2	Questionário do perfil	97
3.6	Listas de Verificação	98
3.7	Glossários, Relatórios e Anotações	99
3.8	Conclusão do Capítulo	100
4	ESTUDO DE CASO	102
4.1	Projeto Oscar Niemeyer: Vida e Obra	102
4.1.1	Sistema de RV	104
4.1.2	Descrição das Interfaces	104
4.1.3	Descrição das Interações	105
4.2	Utilização da Ferramenta	107
4.3	Comparação de Resultados	111
4.4	Conclusão do Capítulo	112
5	CONCLUSÕES	114
5.1	Limitações	118
5.2	Trabalhos Futuros	119
6	REFERÊNCIAS	120
APÊNDICES		129
Apêndice A	- NORMAS DE QUALIDADE	130
Apêndice B	- QUESTIONÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO	135
Apêndice C	- USABILIDADE E AVALIAÇÃO	148
Apêndice D	- QUESTIONÁRIO DO VIAVirtual	156
Apêndice E	- CARACTERÍSTICAS DE SRVs	160
Apêndice F	- QUESTÕES DE VERIFICAÇÃO DO VIAVirtual	162

Lista de Figuras

Figura 1 - Diagrama de relacionamentos referente à tese	19
Figura 2 - Relações de interação entre interface e diálogo	30
Figura 3 - Processo de Interação entre Homem e Computador (DE SOUZA et al., 1999)	31
Figura 4 - a) Cenário baseado no ambiente b) Cenário baseado no objeto c) Cenário misto	36
Figura 5 - Sensores e atuadores nos processos de interação.	39
Figura 6 - a) Visão egocêntrica b), c) e d) Diferentes níveis de visão exocêntrica	40
Figura 7 - Características de qualidade internas e externas. Fonte: Koscianski (1999)	46
Figura 8 - Conhecimento de normas da qualidade de produtos. Fonte: SEPIN-BRASIL (2001)	48
Figura 9 - Características que contam no processo de avaliação de SRVs	50
Figura 10 - Conhecimento de usabilidade	50
Figura 11 - Conhecimento e uso de processos de avaliação de SRVs	73
Figura 12 - Conhecimento de técnicas de avaliação	74
Figura 13 - Competências do procedimento de avaliação do VIAVirtual	82
Figura 14 - Processo de funcionamento da ferramenta VIAVirtual	85
Figura 15 - Estrutura dos componentes de classificação para navegação	92
Figura 16 - Estrutura dos componentes de classificação para seleção	94
Figura 17 - Estrutura dos componentes de classificação para manipulação	96
Figura 18 - AV interno (esquerda) e externo (direita) do Software Oscar Niemeyer Vida e Obra	103
Figura 19 - Interface de apresentação da aplicação Oscar Niemeyer Vida e Obra	104
Figura 20 - Quadrantes para navegação com clique sobre o cenário	105
Figura 21 - Mapa de auxílio ao deslocamento entre grandes distâncias	108
Figura 22 - Botões da interface virtual sem informações sobre uso	109
Figura 23 - Formação dos desenvolvedores de SVRs	135
Figura 24 - Tarefas atribuídas aos desenvolvedores	136
Figura 25 - Tipos e áreas de SRVs desenvolvidos no Brasil	136
Figura 26 - Processos realizados no desenvolvimento de SVR	137
Figura 27 - Dispositivos mais utilizados em SRVs	137
Figura 28 - Conhecimento sobre recursos para Projeto de Interação com o usuário	138
Figura 29 - Etapa de realização do PIU	138
Figura 30 - Prática habitual de desenvolvimento do PIU	139
Figura 31 - Importância dada ao desenvolvimento do PIU	139
Figura 32 - Fase em que é realizado o planejamento do PIU	139
Figura 33 - Usa ou conhece processo de avaliação para RV	140
Figura 34 - Gráfico 1: utilização de processo de avaliação de SRV; Gráfico 2: etapa que é feita a avaliação	140
Figura 35 - O procedimento de interação é considerado na avaliação	141
Figura 36 - Etapa para aplicação da avaliação	141
Figura 37 - Gráfico 1: Técnica utilizada para avaliação; Gráfico 2: Técnicas analíticas sugeridas	141
Figura 38 - Características mais analisadas em procedimentos de avaliação do SRVs	142
Figura 39 - Fase da geração de documentação	142
Figura 40 - Conhecimento sobre técnicas de avaliação	143
Figura 41 - Necessidades identificadas para uma ferramenta de avaliação	143
Figura 42 - Conhecimento sobre Usabilidade	144

Listas de Quadros

Quadro 1 - Qualidade de produto de software	45
Quadro 2 - Perguntas referentes à característica de Usabilidade	47
Quadro 3 - Etapas de avaliação com interesse no ciclo de vida do produto	60
Quadro 4 - Modelo de relação	99
Quadro 5 - Configuração exigida para o CD-ROM Oscar Niemeyer Vida e Obra	103
Quadro 6 - Resultado avaliação heurística	106
Quadro 7 - Primeira parte de resultados do VIAVirtual (relatório do perfil)	107
Quadro 8 - Segunda parte do resultado gerado com o VIAVirtual (checklist adaptativo)	109
Quadro 9 - Resultado final VIAVirtual com relatório de conformidades e recomendações da avaliação	111
Quadro 10 - Competências das normas 14598 e 9126. Fonte: Koscianski (1999) *	130
Quadro 11 - Normas publicadas no Brasil. Fonte (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT)	131

<i>Quadro 12 - Características, subcaracterísticas e questões chave para determinar a avaliação.</i>	<i>134</i>
<i>Quadro 13 - Fatores avaliados pela usabilidade</i>	<i>149</i>
<i>Quadro 14 - Definições para engenharia de software e usabilidade.</i>	<i>151</i>
<i>Quadro 15 - Composição que determina qualidade de Interface com o usuário. (Hix,2002)</i>	<i>151</i>

Listas de Tabelas

<i>Tabela 1 - Avaliação de produtos baseada nas normas NBR 13596 ou ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 12119.</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 2 - Conhecimento de normas da qualidade de produtos.</i>	<i>49</i>

Siglas

2D	Duas Dimensões (x, y)
3D	Três Dimensões (x, y, z)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AV	Ambiente Virtual
CAD	Computer Aided Design
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa (Brasil)
GUI	Graphical User Interface / IGU
DOF	Degree of Freedom (graus de liberdade)
GOMS	Goals, Operators, Methods and Selection Rules
HMD	Head Mounted Display
IEC	Electrical Commission
IHC	Interação Homem Computador
ISO	International Organization for Standardization ¹
IU	Interface com o Usuário
LRV	Laboratório de Realidade Virtual
MAC	Museu de Arte Contemporânea
MAUVE	Multi-Attribute Usability evaluation tool for Virtual Environments
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira
PIU	Projeto de Interação com o Usuário
RV	Realidade Virtual
SQUARE	Software Quality Requirements and Evaluation
SVR	Sistema de Realidade Virtual
VIA Virtual	Verificador de Interações de Ambiente Virtual
VRUI	Virtual Reality User Interface (Interface com o Usuário de SVR)
WIM	World in Miniature
WYSIWYG	What You See Is What You Get (o que você vê é o que você tem)

Glossário

Formativa (Avaliação)	Técnicas utilizadas na avaliação de projeto e processo de implementação de produtos.
Heurística (Avaliação)	procedimento que não depende da presença de usuários, mas exige o profissional especialista munido de uma forte base de conhecimento para avaliar cada critério e estabelecer níveis de importância para estes critério.
Somativa (Avaliação)	Avaliação aplicada de maneira pontual, ou seja, ao final de etapas, ciclos ou processos de desenvolvimento ou implementação do produto. É um processo acumulativo que deriva balanços final que leva em consideração resultados parciais das avaliações intermediárias.
CAVE	Tecnologia implementada com a finalidade de oferecer ao usuário uma experiência imersiva dentro de uma ambiente cujas paredes refletem o AV. O dispositivo de RV se assemelha a um cinema e é auxiliado por óculos ou capacete que permitem ver o AV em estereoscopia.
Exploração cognitiva	objetiva identificar problemas de aprendizagem do software comparando o retorno do sistema com as expectativas básicas de usuários novatos.

¹ o termo "ISO" não representa nenhum acrônimo, mas é considerado o prefixo, que do grego, significa "igual". A sigla serve de anagrama para as iniciais do nome da organização responsável em criar padrões internacionais. A escolha representa uma opção para evitar diferentes acrônimos que ocorreriam com a tradução do nome em diferentes línguas. Fonte: www.iso.ch

Interação	Envolve uma troca de símbolos e interfaces de ações referentes ao hardware e ao software estabelecida pelo diálogo.
Interface	Mecanismo através do qual um diálogo entre programa e usuário pode ser estabelecido
Iterativo	Refere-se ao processo feito ou repetido várias vezes.
Métricas	Posição racional de trabalhar com intuições ou opiniões pois apóia-se em resultados concretos provenientes de uma investigação programada.
Qualidade	Propriedade que determina a capacidade de atingir efeitos pretendidos, uma virtude de destaque em uma escala comparativa.
Qualitativos (Dados)	Informação que identifica alguma qualidade, categoria ou característica, não mensurável, mas passível de classificação, assumindo várias modalidades
Quantitativos (Dados)	Informação resultante de características <i>susceptíveis de serem medidas</i> , apresentando-se com diferentes intensidades de natureza discreta ou contínua
Cinestesia	Sensibilidade aos movimentos. Dispositivos que causam estímulos táteis (hápticos). Sentido que detecta a posição do corpo, força e peso além de movimentos de músculos, tendões e juntas. Também relacionado aos dispositivos com retorno de força (<i>force feedback devices</i>).
Usabilidade	Refere-se à área de pesquisa que trabalha para atingir objetivos de investigação e aplicação de conceitos ao longo do desenvolvimento do projeto de produto objetivando a qualidade de um produto, como o de software por exemplo.

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar a proposta deste trabalho de tese a partir de uma síntese sobre os temas abordados neste trabalho, justificando as necessidades levantadas e introduzindo o leitor no estado da arte a respeito dos assuntos apresentados. Além da literatura da área, descrevem-se justificativas, objetivos, hipóteses e delimitações relacionados ao trabalho sugerido. O leitor encontrará também a estrutura da composição de conteúdo apresentado ao longo do trabalho.

1.1 Proposta de Pesquisa

O mundo real permite um nível de **interação** com seres e objetos muito superior a qualquer tentativa já feita com sistemas computacionais. Mesmo com o aparecimento da Realidade Virtual (RV), ainda existem limitações associadas às questões espaciais ou formas diretas de interação. Esforços em estabelecer procedimentos usáveis de interação para sistemas computacionais com metáforas semelhantes a situações reais já resultaram em várias propostas de melhoria para interfaces gráficas com usuário (GUI, do inglês *Graphical User Interface*). Essas pesquisas concentram-se em estudos de Interação entre Homem e Computador (IHC), que Preece et al. (1994) definem como uma área responsável pela elaboração, avaliação e implementação de projetos de sistemas computacionais interativos para uso humano.

Na **história da computação**, a **tecnologia de RV** é classificada como nova, pois ainda luta por conquistas que dependem de progresso tecnológico associado ao poder de processamento computacional (avançando em velocidade acelerada) e padronização de equipamentos apropriados para interação 3D (ainda longe da realidade). A massificação e utilização de sistemas de realidade virtual (SRVs) tem se mostrado mais presente no cenário de entretenimento, onde jogos com interações em tempo real permitem que o usuário explore livremente um ambiente virtual (AV). Por outro lado, as áreas médica e militar são as mais avançadas e com maior qualidade de sistemas pois, possuem mais investimentos financeiros devido à sua importância.

Entre os **equipamentos** encontrados no mercado, encontram-se óculos estéreos, capacetes e luvas, que, pela falta de padronização (BOWMAN et al., 2002), nem sempre oferecem procedimentos adequados de manipulação e interação com o AV. Porém, agora que esses equipamentos começam a ser oferecidos com preços mais acessíveis, é possível que haja

uma colaboração maior objetivando sua padronização, o que incentivaria o aumento de aplicações de RV disponíveis². Com um uso mais expressivo desses sistemas, sente-se necessidade de soluções práticas para o desenvolvimento e avaliação de procedimentos de interação em sistemas de RV.

Por tratar-se de uma tecnologia ainda em fase de adaptação, a área de RV necessita de investimentos de caráter científico (pesquisa) no que diz respeito à metodologia de projeto, desenvolvimento e avaliação de sistemas. Isso representa uma maneira de introduzir melhorias a esses sistemas. O que pode ser encontrado hoje na literatura de IHC e RV contribui de maneira ainda reduzida para essa realidade. Seus resultados mais expressivos consistem em oferecer técnicas apropriadas de navegação, uso adequado de equipamentos e alguns processos de desenvolvimento de aplicações de RV, os quais passam por complexos processos de avaliação. Algumas dessas preocupações de pesquisa concentram-se ainda nos procedimentos de interação envolvendo equipamentos e aspectos cognitivos. Outras se preocupam em oferecer aos desenvolvedores de SRV uma oportunidade de melhorar os procedimentos de interação no AV sob a ótica dos princípios de usabilidade³ das interações, o que contribui para o alcance da qualidade da interação desses sistemas (STUART, 1996; GABBARD, 1997; KAUR, 1998).

Essas pesquisas estão dando os primeiros passos para o melhoramento de SRVs com resultados positivos e propostas de continuidade das próprias pesquisas. São sugeridos, por exemplo, diferentes formatos de abordagem para a pesquisa, adaptações dos procedimentos de avaliação com mais especificidade e incremento de listas de recomendação para desenvolvedores (GABBARD, 1997; KAUR, 1998). Estabelecer técnicas de avaliação específicas para critérios de usabilidade das interações em AV, sem a presença de especialistas da área, é uma maneira de contribuir para a melhoria desses sistemas, de forma a torná-los mais usáveis, iniciativa esta que ainda não foi encontrada na literatura.

Propõe-se, portanto, desenvolver uma ferramenta de inspeção das interações que facilite a tarefa de avaliação e que permita uma conscientização sobre a necessidade de tais procedimentos em projetos de interação para AVs (GABBARD, 1997). A técnica de

² Os jogos, por exemplo, podem passar a oferecer mais opções de imersão através desses equipamentos, aspecto este que identifica o grau de envolvimento que o usuário experimenta ao utilizar o sistema de RV.

³ Refere-se à área de pesquisa que trabalha para atingir objetivos de investigação e aplicação de conceitos ao longo do desenvolvimento do projeto de produto, objetivando a qualidade de um produto quanto à facilidade de sua utilização (saiba mais em “Usabilidade e seus Conceitos”, na página 42).

avaliação deverá ser capaz de identificar problemas⁴, ter consistência na apresentação dos resultados, facilidade de manuseio e, sobretudo, oportunizar seu uso a profissionais não especialistas em avaliação. Ainda, é necessário que a verificação possua como critério a usabilidade dos procedimentos de interação, esclarecendo que o conceito de interação, principalmente em SRVs, engloba o que se entende por interface.

A escolha da ferramenta proposta é feita após análise dos processos, métodos e técnicas de avaliação existentes para interfaces (GUI) e interações em AVs, sendo elas questionários, análise de tarefas, avaliações heurísticas, inspeção por *checklists*, inspeção cognitiva, ensaios de interação e sistemas de monitoramento. A escolha da técnica adequada deverá atender aos seguintes pré-requisitos:

- a) possibilitar uso simplificado na forma de uma ferramenta (para que não haja abandono do procedimento durante a realização da verificação);
- b) haver aplicação de baixo custo para verificação e obtenção de resultados; e
- c) possibilitar o envolvimento de desenvolvedores e/ou programadores no processo de avaliação, considerando a carência de especialistas de avaliação de SRVs.

A **contribuição** deste trabalho diz respeito ao enriquecimento dos procedimentos de interação entre homem e computador em SRVs mediante o uso de critérios de usabilidade das interações. A avaliação desejada deverá permitir melhorias nos procedimentos de interação, sendo capaz de diagnosticar sucessos e insucessos relacionados à usabilidade da interação com o sistema por meio de uma inspeção eficiente (produzindo resultados confiáveis de forma qualitativa) e acessível (independente de profissionais especializados ou usuários de teste). Ao serem incentivados pelas melhorias ocasionadas com uso da técnica proposta, os desenvolvedores podem despertar para interesses em busca de outras técnicas mais expressivas de avaliação. A estruturação de conceitos e critérios que permeiam a usabilidade de SRVs de forma unificada e consistente apresenta uma forma de avaliação simples e acessível a leigos.

O desenvolvimento desta pesquisa possui suporte na literatura da área, considerando, principalmente, trabalhos como a taxonomia de características de usabilidade em AVs proposta por Gabbard (1997), procedimentos de avaliação da navegação em AVs, por Sayers et al. (2000), e as recomendações para projeto de interações de AVs propostas por Kaur (1998). Para que a solução da problemática que permeia o campo de avaliações de AVs seja

⁴ Entende-se por problema aquilo que causa contratempo ou possui caráter de obstáculo, dificultando ou desafiando a capacidade de solução. Pode-se entender como um conflito, mau funcionamento crônico, algo que acarreta transtornos ou que exige grande esforço e determinação para ser solucionado.

válida, é interessante oferecer não só o método de investigação dos sucessos, insucessos e recomendações, mas também a oportunidade de documentação dos procedimentos de interação como forma de auxiliar futuros projetos.

A seguir é apresentado um diagrama que sintetiza as relações estabelecidas neste trabalho (Figura 1). A analogia dos termos 2D com GUI e 3D com RV serve apenas para esclarecer as correlações pertinentes a cada um. O capítulo 2, em “IHC: Interface ou Interação entre Homem e Computador”, apresenta o conteúdo referente a essas definições. As caixas hachuradas representam as áreas de interesse deste trabalho de doutorado.

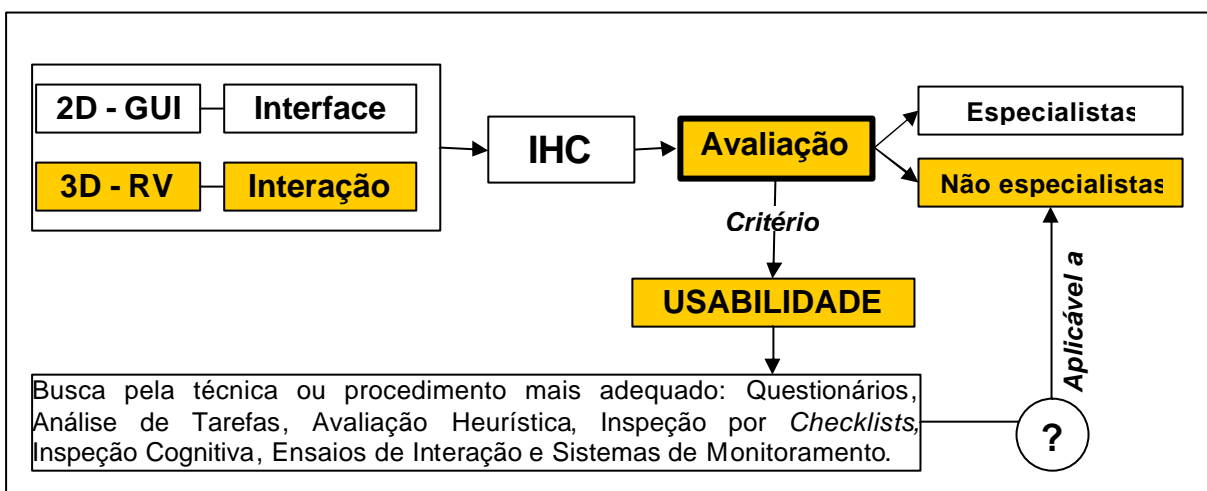


Figura 1 - Diagrama de relacionamentos referente à tese

1.2 Justificativa

Ainda existe um grande espaço para pesquisas no que diz respeito aos modelos de interação tendo o usuário e a usabilidade como objetos de estudo. Da mesma forma, procedimentos de avaliação de SRVs são testados e adaptados de acordo com necessidades, e poucos são os resultados que oferecem um formato de fácil utilização. De acordo com Santos (2002), são poucas as publicações com resultados de pesquisas sobre interface e usabilidade da IHC no cenário brasileiro, e esse pouco interesse se estende à pesquisa do mesmo assunto em SRVs. Gabbard (1997) recomenda estudos por mais esclarecimento quanto às classificações das interações, tipos de AV e melhores formas de avaliações, que comprovem a eficácia de suas regras.

A carência de especialistas nas áreas de avaliação de interações em AV é outro motivo que reflete a ausência de técnicas bem elaboradas e documentadas sobre procedimentos de avaliação desses sistemas, fato que também compromete o ato de projetar os SRVs. Existe, ainda, uma outra questão que reflete novas demandas e coloca a indústria de software a

promover um aumento considerável de funcionalidades das aplicações e dispositivos com o intento de atender a diferentes necessidades e perfis de um grande grupo de usuários (BALBINO et al., 2002). Entre os problemas detectados por Balbino (2002), destacam-se a sobrecarga de funções e o oferecimento de opções desprezáveis. Enquanto isso, opções não previstas em projeto podem ser necessárias devido à demanda de novos requisitos.

A justificativa pela escolha de uma avaliação de procedimentos de interação considera um aspecto de relevância de SRV. A relevância dos resultados obtidos devem identificar sucessos e insucessos relacionados às interações. Aplicações de RV podem ser muito complexas devido à generalização de procedimentos atribuídos aos AVs e devido ao número de dispositivos de interface que podem ser adaptados. Com relação aos dispositivos de interface, pode-se acrescentar, ainda, a falta de padronização de equipamentos encontrados no mercado, revelando, dessa forma, limitações para os processos de avaliação dos procedimentos de interação.

As pesquisas em IHC associadas à tecnologia de RV indicam que as poucas investigações existentes na área contribuem de maneira insuficiente para o desenvolvimento de interfaces usáveis para essa tecnologia (BOWMAN, 1999). Apesar do rótulo de que a RV ocupa hoje a forma mais avançada de interface computacional disponível, ainda existe uma carência de suporte para o seu desenvolvimento que seja apoiado por metodologias científicas. Esse suporte, representado por métodos e técnicas de usabilidade desenvolvidos para viabilizar soluções de implementação de interfaces, oferece condições adequadas para que o usuário alcance seus objetivos com maior êxito.

O que ocorre é uma generalização desse suporte que é de pouca ajuda no desenvolvimento de interações para SRV. O grande número de combinações de variáveis para esse tipo de projeto – incluindo observações de interação, o grande número de equipamentos e a habilidade de movimentação que o usuário deve ter ao utilizar algum equipamento – torna-o mais complexo do que projetos de interface 2D. Ainda, as técnicas de interface gráfica com o usuário (GUI) são inaplicáveis ao projeto de SRV (GABBARD et al., 1999) por tratar de assuntos referentes aos gráficos de interface e não considerar procedimentos de interação condicionados à grande variedade de dispositivos encontrados na tecnologia de RV. Esse fator justifica a necessidade de desenvolver técnicas apropriadas, ou seja, que contribuam de maneira objetiva para os SRV, tanto no seu desenvolvimento quanto na sua avaliação.

1.3 Áreas do Conhecimento

Este trabalho envolve as áreas de tecnologia de realidade virtual, interface e interação, qualidade de software, representada pelas características de usabilidade, e técnicas de avaliação. A tecnologia de RV, também conhecida como um modelo de interface (STUART, 1996), caracteriza-se, na verdade, pelo forte caráter de interação entre homem e máquina, em que camadas de interface são utilizadas para estabelecer o processo de comunicação. Essas camadas de interface referem-se aos dispositivos e procedimentos de interação dentro do AV que deverão oferecer meios para que o sistema seja classificado como usável. Para isso, é necessário prever certo grau de usabilidade do sistema considerando fatores de medições relacionados à completude de tarefas realizadas por seus usuários. A tarefa de medição representa uma etapa do processo de avaliação do AV e pode ser representada por recomendações já estabelecidas em trabalhos pontuais de avaliação.

Stuart (1996, p. 187) determina que podem ser considerados três **níveis de avaliação**: a) performance do sistema, b) valores para as tarefas e c) usabilidade do sistema. A realização de **processos de avaliação** ocorre ao longo de qualquer etapa do ciclo de vida do produto (projeto, desenvolvimento e uso do produto), podendo ser pontual (ao final de etapas, ciclos ou processos de desenvolvimento ou implementação do produto) ou contínua. Para isso, é necessária a utilização de **técnicas de avaliação** com modelos que podem exigir desde a presença de usuários para coleta de dados até profissionais especialistas em avaliação para tratar dos resultados. Independentemente do modelo, a técnica deve oferecer meios de medição para aspectos como facilidade para aprendizado e uso, seja referente ao sistema ou ao uso de dispositivos.

No estado da arte encontram-se trabalhos que apresentam propostas de avaliação, taxonomias e técnicas que se propõem a ajudar nos processos de desenvolvimento e implementação de aplicações com RV. Entre esses trabalhos destacam-se as pesquisas de Gabbard (1997), com uma taxonomia (a mais extensa publicada) de auxílio no desenvolvimento de AVs. Seu trabalho utiliza uma solução de integração de tópicos que são abordados de maneira independente pela maioria dos pesquisadores da área de RV (aspectos do usuário, dispositivos e técnicas de usabilidade). Mas ele aponta algumas deficiências que se caracterizam pela não-explicitação e não-extensividade do trabalho, sugerindo a continuidade dessas pesquisas (o mesmo sugere Kaur (1998) a respeito do trabalho de Gabbard).

Outros sistemas de apoio na criação de AVs são: biblioteca de gabaritos configuráveis (SOARES et al., 2002); técnicas heurísticas e questionários ou inspeções cognitivas com problemas de interações 3D bem especificados (KAUR, 1998); avaliação centrada no usuário para AVs utilizando um processo progressivo e seqüencial composto de quatro métodos de avaliação do AV⁵ (GABBARD et al., 1999); e guia de estilo para ambientes de autoria (LabUtil), que podem ser utilizados nos projetos de interações de ambientes virtuais fundamentados em conceitos ergonômicos. Ainda, Stuart (1996) apresenta uma lista de técnicas que pode ser aplicada na avaliação da usabilidade de AVs, e Bowman (1999) oferece um processo de avaliação das interações em AV imersivas, oferecendo subsídios para caracterização desses sistemas e uma classificação resumida dos procedimentos de navegação, seleção e manipulação.

No Brasil, a preocupação pelo processo de desenvolvimento de SRVs parece estar despontando. Um projeto que apresenta conceitos que ajudam na compreensão sobre questões metodológicas e projetuais de SRVs é uma proposta que teve início em março de 2003 e conta com a participação dos professores Avanilde Kemczinki e Marcelo da Silva Hounsell, e da bolsista Vanessa Suzuki, através do Laboratório de Realidade Virtual Aplicada (LARVA) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). O propósito é oferecer uma metodologia prática de concepção e desenvolvimento de projetos de SRV a partir de questionamentos sobre aspectos como o projeto de interface (KEMCZINKI, 2004).

1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma abordagem de avaliação dos procedimentos de interação de SRVs que possa ser utilizada por seus desenvolvedores não especialistas na avaliação das interações. Dessa forma, oferece-se uma oportunidade de o desenvolvedor avaliar seus sistemas sem o auxílio de usuários-teste. Essa abordagem deve suportar avaliações durante a etapa final de desenvolvimento da aplicação e possuir meios para desenvolvimento de uma ferramenta de uso prático. Para isso, é necessário identificar a forma mais apropriada diante de um conjunto de técnicas conhecidas de avaliação. A técnica escolhida deverá permitir que desenvolvedores de AVs possam ter a opção de avaliar o

⁵ Análise de tarefa com o usuário, avaliação baseada em recomendações, avaliação formativa centrada no usuário e avaliação somativa e comparativa: a aplicação dos quatro métodos é justificada pela necessidade de gerar um modelo mais dinâmico, que resulte em um novo método de engenharia de usabilidade, vinculando técnicas bem estabelecidas de avaliação e design de atividades humanas com métodos inovativos, capazes de analisar componentes de interação emergentes adaptados para projetos de AVs. Esse processo se inicia antes do desenvolvimento do projeto de interação e se estende durante o desenvolvimento e implementação do projeto, atingindo resultados bastante satisfatórios, e, além de apontar e localizar insucessos, pode também sugerir soluções para os problemas.

sistema de maneira prática, pouco onerosa (em termos de aplicação da técnica) e rápida, objetivando o melhoramento de aspectos de usabilidade das interações propostas.

Assim será possível criar variáveis de análise específicas para AV dentro dos indicadores estabelecidos para esta pesquisa, tendo seu enfoque na qualidade do projeto de interação. Por isso objetiva-se desenvolver uma ferramenta que possa ser utilizada na identificação dos procedimentos de interação dos AVs independentemente da natureza do sistema. Os SRVs podem ser bastante diversificados e, portanto, faz-se necessário identificar as variáveis relacionadas aos procedimentos de interação (seleção, manipulação e navegação) existentes em AVs e classificá-las.

Como o uso da ferramenta prevê a avaliação de qualquer sistema de RV, é necessário identificar as interações mais relevantes dentro da aplicação. Um objetivo secundário é encontrar uma forma de identificar características gerais sobre o sistema, criando-se perfis personalizados. O processo de avaliação poderá, então, analisar o grau de conformidade das variáveis de interação estabelecidas pelo perfil alcançado, fazendo com que a ferramenta de avaliação tenha um uso bem direcionado.

A estratégia para avaliação dos procedimentos de interação contará com materiais de pesquisa que oferecem resultados quanto à usabilidade desses procedimentos. Alguns trabalhos já realizados na área de RV oferecem suporte em matéria de recomendações, decorrendo esses resultados de buscas por usabilidade de SRVs. Essa característica como critério de avaliação possui relação com a norma ISO 9126 (qualidade de softwares), assunto este que deve ser explorado para melhor compreensão do termo.

1.5 Metodologia

A interação é um elemento de grande importância para o êxito da participação do usuário no sistema de RV, mas esse sucesso depende de algum tipo de aferição realizada em alguma etapa do processo de desenvolvimento do sistema. Os trabalhos encontrados na literatura oferecem especificações para desenvolvimento, taxonomias de usabilidade e algumas propostas de avaliação de AVs, mas que se caracterizam pela generalização e insuficiência de recursos, e ainda, às vezes, pelo caráter oneroso da solução sugerida. Isso significa que, mesmo que haja interesse na realização de procedimentos de avaliação do sistema de RV, a equipe de desenvolvedores é confrontada com uma carência de profissionais especializados (por conta do fraco suporte oferecido) e procedimentos bem estabelecidos de interação. Justifica-se, então, a necessidade de desenvolver uma abordagem de avaliação que

permita aos desenvolvedores avaliar seu sistema sem a necessidade do envolvimento de profissionais especialistas ou de usuários de teste.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho considera a apresentação das áreas para introdução ao assunto de pesquisa para justificar a escolha de uma técnica adequada de avaliação, o *checklist*. Dessa maneira, a proposta de avaliação é desenvolvida considerando-se a criação das listas de verificação a partir de referências existentes sobre interações em AV, sendo elas taxonomias, teorias e tutoriais. Assim, é possível desenvolver uma classificação geral sobre os procedimentos de interação em tempo real dentro de AV, bem como uma classificação sobre as características específicas do SRV que possam servir de direcionadores para realizar a verificação das interações. Os itens de checagem, no entanto, devem ser criados segundo as recomendações encontradas na literatura que oferecem sugestões com base em fatos comprovadamente verificados.

Ainda, uma pesquisa foi realizada com a aplicação de um questionário entre pesquisadores e desenvolvedores de SRVs. O envio do questionário foi realizado por correio eletrônico, buscando-se, principalmente, integrantes dos grupos de pesquisa do CNPq, os laboratórios de pesquisa encontrados no Brasil e listas de discussão da área. A distribuição por correio eletrônico dificultou a tarefa de determinar o universo de envio, principalmente em função das listas de discussão e dos endereços não válidos. O que se pode dizer é que uma lista com aproximadamente 300 endereços eletrônicos serviu de base na divulgação da pesquisa e que 34 questionários foram respondidos. Os resultados do questionário podem ser encontrados no Apêndice B (p. 135) deste trabalho.

1.6 Hipóteses

Este trabalho surgiu pela necessidade de sustentar uma investigação dos aspectos da usabilidade e suas subcaracterísticas, com preocupação em evidenciar o esforço necessário de utilização do SRV sob a ótica do usuário, seja este implícito ou explícito. Para oferecer suporte à proposta de criação dessa abordagem, é necessário alcançar objetivos específicos, que contribuem uniformemente para a realização desta pesquisa:

- a) confirmação da hipótese sobre a pouca utilização de técnicas de avaliação durante as etapas de desenvolvimento de sistemas de RV. Junto a essa resposta deve ser esclarecido o motivo do não-emprego de avaliações, o que pode estar vinculado à carência de profissionais especializados em avaliação para sistemas de RV ou à falta de conhecimento de procedimentos adequados aos sistemas de RV;

- b) diagnosticar a clareza dos critérios de usabilidade considerados e aplicados aos procedimentos de interação de sistemas de RV.

As hipóteses que estruturam este trabalho de tese são apresentadas a seguir:

- Hipótese 1:** Há grande preocupação com usabilidade e Projeto de Interação com o Usuário (PIU) por parte dos desenvolvedores.
- Hipótese 2:** É possível auxiliar desenvolvedores, leigos em usabilidade, a executarem avaliações, se assistidos por uma ferramenta/técnica fácil de ser utilizada em várias fases do desenvolvimento.
- Hipótese 3:** Já existe na literatura um conjunto mínimo de recomendações que são confiáveis e bem formadas, podendo ser aplicado na usabilidade de SRVs.
- Hipótese 4:** O agrupamento ou cruzamento de recomendações geradas isoladamente permite a criação de um conjunto íntegro e consistente em si mesmo, não segmentado e ainda assim, considerando-se eventuais inter-relacionamentos entre manipulação, seleção e navegação.
- Hipótese 5:** Facilitando o uso de avaliações do PIU, a tendência futura é que as listas de verificação e recomendações cresçam e amadureçam. Por isso, é importante agir no sentido de disseminar a cultura da avaliação da usabilidade.

1.7 Delimitações

A literatura apresenta uma presença limitada de especialistas de avaliação para sistemas de RV (GABBARD, 1997; KAUR, 1998). Isso deve ao fato de haver poucas pesquisas, o que acarreta uma fraca presença de técnicas de avaliação que possam ser utilizadas sem a presença desses profissionais. Constata-se, também, um baixo índice de controle de qualidade na área de software no cenário brasileiro (SEPIN-BRASIL, 2001). Ainda não foi possível encontrar resultados semelhantes aplicados à área de tecnologia de RV.

É proposto que a melhoria dos procedimentos de interação dos SRV apóie-se na busca por um solução que ofereça condições de avaliação a não-especialistas, neste caso, desenvolvedores de SRVs. Desse modo, soluciona-se a problemática referente à fraca utilização de técnicas de avaliação agravada pela carência de especialistas de avaliação para interações de SRVs, em consequência, também, de uma cultura de não-utilização de avaliações em seus projetos de RV. A abordagem de avaliação não deve exigir avaliadores especialistas em usabilidade, tendo-se como desafio projetar e implementar uma ferramenta

de verificação que contribua também no diagnóstico de problemas de usabilidade dos procedimentos de interação.

Os limites que determinam o conjunto de técnicas de avaliação a serem estudados e comparados neste trabalho se resumem à classificação de grupos sugerida por Cybis (2000), pois leva em consideração uma taxonomia que se aplica tanto à presença quanto à ausência do especialista (o mesmo se aplica para o usuário que é utilizado no teste na avaliação). São três os tipos de técnicas de avaliação: prospectiva, analítica e empírica. A técnica prospectiva assim como a empírica são baseadas na presença do usuário durante os testes de avaliação. Stuart (1996) prefere as técnicas empíricas devido à presença indispensável do usuário-teste. Mas a técnica analítica é flexível quanto à presença de avaliadores especialistas e, por isso, será dada preferência aos processos que englobem essa técnica de inspeção, pois ela não é rígida quanto à presença de avaliadores especialistas em usabilidade.

Recomendações de usabilidade com enfoque em SRVs encontradas na literatura servirão como orientadores para o desenvolvimento da ferramenta de verificação proposta. Isso significa que o trabalho não se compromete a criar regras usáveis de interação em SRVs, mas sim encontrar uma solução para avaliação utilizando indicadores preestabelecidos, que são encontrados na literatura. Os estudos já realizados salientam níveis de interesse que apontam para os fatores humanos⁶ relacionados ao uso de dispositivos de RV, e fatores subjetivos relacionados à entrada e saída de dados, realização de tarefas, modelo virtual, representação gráfica do usuário no AV (avatar), comportamento (TESFAZGI, 2003) do usuário (procedimentos de navegação) e interação, entre outros (RUDLLE, 2000). Os trabalhos de Gabbard (1997) e Bowman (1999) oferecem material de apoio no que se refere às recomendações de usabilidade de AVs, além de métodos de análise para avaliação das interações e definição de perfil de SRVs. Outros aspectos não contemplados nesses trabalhos referentes a categorizações específicas dos procedimentos de interação são solucionados com base nos trabalhos de Kaur (1998) e Mohageg et al. (1996), entre outros.

As variáveis, primordiais para a geração das listas de verificação, são identificadas tendo-se por base taxonomias já propostas (SHERMAN; CRAIG, 2003; GABBARD, 1997; PINHO, 2000), que servirão de apoio para uma classificação mais abrangente sobre os procedimentos de interação em SRVs.

⁶ Quantificador que descreve possibilidades e limites do desempenho humano representado por um conjunto de conhecimentos pragmáticos sobre o homem citando suas características, habilidades e limitações. O termo também se refere aos métodos e ferramentas utilizados na análise e avaliação da configuração do local de trabalho (MERINO, 2003).

1.8 Estrutura do Trabalho

A introdução apresentou a proposta de pesquisa, suas justificativas, áreas do conhecimento envolvidas e hipóteses. Também foram apresentadas delimitações que objetivam orientar o desenvolvimento e resultados desta pesquisa. A seguir é esclarecida a estrutura de apresentação do conteúdo deste trabalho.

No capítulo 2 é apresentado um histórico sobre interfaces que contém significados de termos principalmente dentro da área de IHC, apontando diferenças entre interface e interações de sistemas bidimensionais e interface 3D, seguido de um tópico sobre o termo *usabilidade*, com apresentação de teorias e trabalhos na área de AVs, e de outro tópico com técnicas de avaliação de interface e interações como forma de identificação do método mais apropriado para avaliação de usabilidade de interações em AVs dentro das delimitações propostas.

No capítulo 3 é apresentada a proposta da ferramenta de verificação com enfoque nos requisitos e variáveis associadas bem como, descrição sobre o funcionamento dela. São também apresentados a justificativa de escolha de um *checklist*, o planejamento de criação com definição e a análise de requisitos e desenvolvimento da proposta, com funcionalidade e classificações sugeridas.

No capítulo 4, como forma de implementação prática da proposta de criação da ferramenta, é realizado um estudo de caso que apresenta a aplicação e desenvolvimento teórico de uma amostra da ferramenta com base no uso de um software finalizado (Oscar Niemeyer, Vida e Obra), de forma a determinar interações de amostra e aplicação da ferramenta de verificação.

O capítulo 5 apresenta as conclusões sobre o desenvolvimento da ferramenta proposta, resultados esperados e alcançados, implicações ocorridas durante a etapa experimental, hipóteses corroboradas, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

Para corroborar algumas hipóteses, foi realizada uma pesquisa com a aplicação de um questionário que trata do uso de avaliação de SRVs, sendo seus resultados apresentados dentro de três grupos. O primeiro permite uma apresentação do participante com perguntas pessoais sobre formação, atribuições e participação em sistemas de RV, bem como questionamentos sobre o uso de dispositivos nos SRV. O segundo grupo considera a apropriação de meios para a geração de PIU. E o terceiro grupo se concentra em buscar informações sobre o uso e conhecimento de técnicas de avaliação, em especial as que são utilizadas em SRV. O documento que apresenta todos os resultados está disponível no

Apêndice B (p. 135), que oferece também uma amostra do questionário aplicado. Os resultados que contribuem com as hipóteses lançadas nesta tese são encontrados no subcapítulo 2.2.2.1.

2 AMBIENTES VIRTUAIS E AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

É tratado neste capítulo assunto referente à área de conhecimento do trabalho por meio de uma fundamentação teórica que inclui aspectos de a) interface e interação, b) usabilidade e c) procedimentos de avaliação. Em **interface e interação** são observadas as denominações e seus conceitos, prevendo relações entre sistemas bidimensionais (2D) e sistemas de realidade virtual (SVR). A **usabilidade** refere-se ao critério de avaliação adotado neste trabalho e, por isso, são abordados seu conceito e aplicações gerais em SVRs. Quanto aos **procedimentos de avaliação**, são tomados aqueles que vêm sendo utilizados na área computacional como forma de comparação e verificação da maneira mais prática e objetiva de verificar a escolha mais apropriada dos procedimentos de interação adotados no SVR.

2.1 IHC: Interface ou Interação entre Homem e Computador

Como forma de analisar sistematicamente interações em tempo real de SRVs são apresentadas considerações sobre os conceitos de interface gráfica 2D. Assim, é possível compreender os diferentes níveis de interface existentes em aplicações de RV.

2.1.1 Interface ou interação?

Percebe-se que no histórico sobre os termos *interface* e *interação* que é na década de 1970 que pesquisadores da área computacional passam a se preocupar com estudos sobre a “interface¹ com o usuário” (*UI - User Interface*), também conhecida por **interface entre homem e máquina** (*MMI – Man-Machine Interface*). A definição desse termo está associada a “uma linguagem de entrada de dados para o usuário, uma saída de dados para a máquina e um protocolo de interação” (CHI, 1985 apud PREECE et al., 1994, p. 7). Com a sofisticação dos sistemas computacionais, novos atributos são acrescentados a tais sistemas, o que serve de

¹ O termo *interface* foi inventado por volta de 1880, mas a palavra não teve muita repercussão até 1960, quando começou a ser utilizada pela indústria computacional. A partir de então começa a ter um emprego mais amplo, significando, inclusive, interações entre departamentos e organizações ou campos de estudo. Mas até ser realmente aceito, o termo sofre desaprovção por parte da comunidade científica, que alega possuir uma conotação ostensiva (jargão). Parte dessa comunidade de oposição oferece, então, a substituição do termo *interface* por palavras de uso comum como “cooperação, transação, troca de informação, interação ou até mesmo trabalho”, os quais são recusados. O termo ganha também caracterização verbal, apesar de sua não-aceitação, cujo impedimento parece ocorrer dentro do próprio campo computacional. Mas mesmo com tantas barreiras, o termo é absorvido e seu uso generalizado, designando o ponto de interação entre um computador e outra entidade, tal como impressoras ou operadores humanos (URL: www.dictionnaire.com).

trampolim para a criação de um novo termo: “**Interação entre Homem e Computador (IHC)**”, do inglês, *Human-Computer Interaction*² (HCI).

Em meados dos anos 80, IHC passa a ter um enfoque mais amplo, que oferece novos campos de estudo. Preece et al. (1994) esclarecem que, mais do que o projeto de interface, a área de IHC se preocupa com as interações entre usuários e computadores. A definição confere responsabilidades como elaboração do projeto, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano, além de estudos suplementares sobre fenômenos relevantes que envolvam os aspectos de interação.

2.1.2 Diálogo, Interface ou Interação

De acordo com González (1995), diálogo é o processo de comunicação entre dois ou mais agentes que envolve e depende de semântica (significado literal da palavra e sentença independente de contexto) e pragmatismo (estudo do significado com relação ao indivíduo envolvido e o contexto da situação). O **diálogo** é a troca de símbolos e ações entre duas ou mais partes, bem como o significado que o participante no processo comunicativo percebe com relação a esses símbolos. A **interface** é o mecanismo por meio do qual um diálogo entre programa e usuário pode ser estabelecido. E a **interação** envolve uma troca de símbolos e interfaces de ações referentes ao hardware e ao software estabelecida pelo diálogo. A equação “**Interação = Diálogo + Interface**” resulta na Figura 2, que esclarece as relações entre os termos.

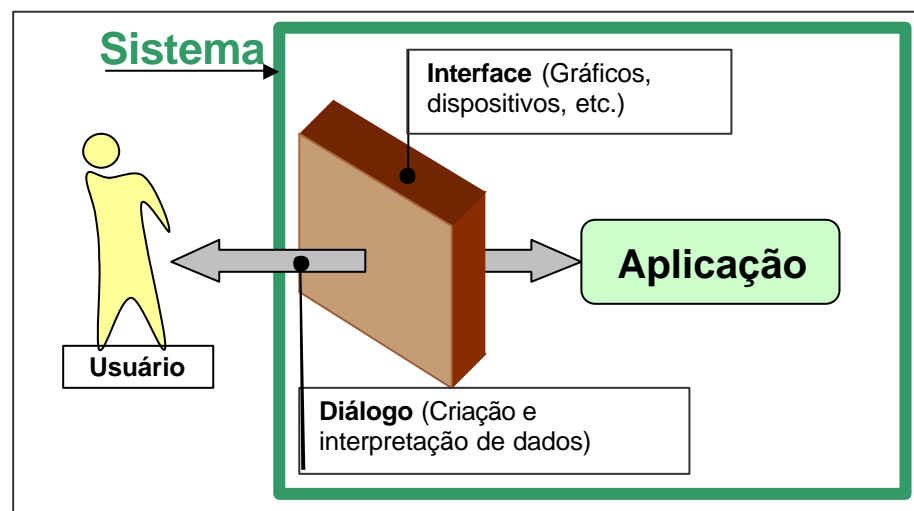


Figura 2 - Relações de interação entre interface e diálogo

² A sigla HCI é também interpretada como “*Human-Computer Interface*” (interface entre homem e computador) e comumente utilizada como sinônimo de “*Human-Computer Interaction*”, mas ocorre um equívoco de comparação com interface entre sistema e usuário utilizado no passado (e.g. o diálogo que acontecia na tela do computador). O termo possui afinidade com “interface com o usuário” (PREECE et al., 1994).

Considerando o sistema de software e seu usuário, De Souza et al. (1999) identificam a relação entre esses dois objetos como sendo um processo que engloba as ações do usuário e suas interpretações sobre as respostas reveladas pela interface. Esse procedimento também recai sobre o conceito Interação entre Homem e Computador, representado pela Figura 3, em que a interface ainda representa uma superfície comum entre duas áreas.

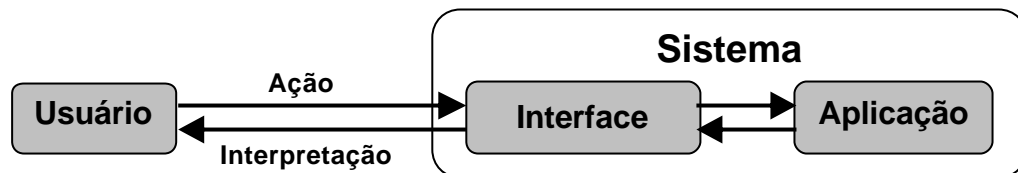


Figura 3 - Processo de Interação entre Homem e Computador (DE SOUZA et al., 1999)

2.1.2.1 Entendimento dos Termos

Entende-se, então, que **interface com o usuário** é o conjunto completo de aspectos de um sistema computacional que inclui: dispositivos de entrada e saída de dados; informação apresentada ao usuário ou enviada pelo usuário; retorno oferecido ao usuário; comportamento do sistema; documentações ou programas de treinamento associados; e ações do usuário com respeito a todos esses aspectos. Os artifícios de interface utilizados para identificar objetos virtuais e dispositivos como caixas de checagem, barras de rolagem, botões, etc. são chamados de **componentes de interface**. Equipamentos que permitem elaborar os processos de entrada e saída de dados são também considerados componentes de interface. O conjunto de informações utiliza uma **metáfora**³ **de interface** para apresentar o conteúdo, caracterizando a representação de um domínio familiar que apresenta o sistema ao usuário como se fosse no mundo real.

Já a **interação entre homem e computador** trata-se de processos, diálogos e ações que um usuário emprega para interagir com um computador em um dado ambiente. **Interação** é a troca que ocorre entre usuários e computadores a partir de ações básicas e habituais, que são designadas de **tarefas de interação**. Para isso, são oferecidos diferentes estilos de interação, que permitirão ao usuário comunicar-se e interagir com o sistema computacional.

³ “Designação de um objeto ou qualidade mediante uma palavra que designa outro objeto ou qualidade que tem com o primeiro uma relação de semelhança” (HOUAISS et al., 2001); por exemplo, o uso de uma agenda como interface de um programa que se propõe a organizar compromissos.

Ainda existe a configuração de interação, que especifica o comportamento da interface com o usuário, ligando mídia e objetos de suporte em uma estrutura temporal (PREECE et al., 1994).

Sintetizando, a interface é responsável por promover estímulos de interação para que o usuário obtenha respostas relacionadas às suas atividades. Ou seja, o estímulo promovido fará com que o usuário desenvolva um processo de interação que significa a execução de ações para a realização das tarefas, com o objetivo de obter respostas. “Vemos, pois, que a interface é tanto um meio para a interação usuário-sistema, quanto uma ferramenta que oferece os instrumentos para este processo comunicativo. Desta forma a interface é um sistema de comunicação” (DE SOUZA et al., 1999, p. 427).

2.1.3 Sistemas Computacionais

A comunicação que estabelece troca de informação entre usuário e sistema teve início com os textos (comandos de linhas) e evoluiu para os gráficos (metáforas gráficas bidimensionais), em paralelo com o aparecimento de dispositivos de interação (mouse). Com isso, nasceram as áreas de estudos sobre aspectos de interação entre homem e computador (IHC), que buscam resoluções para o desenvolvimento de projeto e implementação de sistemas. A geração dos SRV que oportunizam ao usuário interagir em tempo real com ambientes gráficos tridimensionais parece desafiar os pesquisadores dessa área.

Pelo menos dois tipos de interação podem ser encontrados em sistemas computacionais. As **GUIs**, que se referem às *Graphical User Interface* (interfaces gráfica com o usuário) em sistemas computacionais bidimensionais, e os **sistemas de RV** (PREECE et al., 1994), com suas interações em tempo real em ambientes tridimensionais. Se, por um lado, eles caracterizam diferentes modelos de interação, por outro lado, compartilham aspectos semelhantes na área de interface (preocupações com aspectos ergonômicos, por exemplo). Em outras palavras, ambos os sistemas oferecem modelos de interação que necessitam da troca de informações entre homem e máquina, e grande parte dessa informação ocorre de forma visual. Mas apesar da afinidade visual, os SRVs exigem uma organização espacial mais apurada, visto o uso da terceira dimensão para inclusão do conteúdo a ser explorado pelo usuário, sem mencionar a grande variedade de dispositivos associados a essa tecnologia. Dessa forma, a cognição afeta o comportamento de interação do usuário, uma vez que os sistemas são condicionados a uma apresentação espacial muito mais aprimorada do que ambientes 2D.

Ao contrário de uma interface bidimensional, o AV ainda não possui a mesma presteza no retorno de ações já encontradas em aplicações 2D. O motivo está no poder de processamento computacional e gráfico exigido para utilização de SRV. Outra diferença entre

sistema 2D e 3D é o procedimento de interação, como, por exemplo, tarefas de navegação e manipulação de objetos que podem ser executadas com dispositivos pouco populares, o que exige treinamento para utilização destes.

Além do estímulo visual, a tecnologia de RV procura atender também outros sentidos, e quanto maior for número de sentidos estimulados, mais rica e imersiva torna-se a experiência do usuário. Por isso, conhecer e compreender a tecnologia e ser sensível aos fatores humanos é fundamental para o desenvolvimento de sistemas computacionais.

2.1.3.1 Ambiente Bidimensional

A primeira interface gráfica com o usuário (GUI) foi desenvolvida, durante a década de 1970, pelo centro de pesquisa da Xerox Palo Alto (PARC) para o sistema 8010 Star⁴, introduzido no mercado americano em 1981. Entretanto, foi o Apple Lisa que conquistou o mercado logo em seguida (1983), tendo ótima relação entre o custo e o benefício de seu sistema. Atualmente, das aplicações de interface mais simples às mais complexas, ainda são utilizados os mesmos requisitos de design para atender às necessidades básicas dos sistemas baseados em janelas.

Projetos de GUIs utilizam princípios sólidos de interface traduzidos na forma de técnicas que orientam na comunicação da estrutura visual. A estrutura visual utiliza-se de metáforas para agrupar símbolos e textos, preocupando-se com o uso de cores, arranjos e fontes para que sejam salientados aspectos estéticos e de usabilidade, para uma melhor consistência visual. As interações na forma de manipulação direta (habilidade de apontar, clicar, escorregar e soltar) e consistência visual da interface são indicadores de interfaces gráficas eficientes, que oferecem ao usuário um desempenho controlado por ele mesmo, mas que ainda dependem do retorno rápido de respostas do sistema.

O uso adequado de cada um desses componentes contribui de alguma forma para uma realização fácil e intuitiva de tarefas. Quanto mais fácil for sua utilização, menos o usuário necessitará de ajuda e mais estará satisfeito. Aumentando seu grau de satisfação⁵, aumenta a performance de interação com o sistema. A satisfação do usuário está associada, entre outros aspectos, à fácil navegação, à identificação de tarefas e à realização destas. É recomendado,

⁴ Essa interface era baseada em metáfora de janelas, cujo conteúdo, formado por ícones e textos, permitia mecanismos de clicar e arrastar utilizando uma ferramenta revolucionária de interação: o mouse. O modelo de interação conhecido por WYSIWYG (*What You See Is What You Get* – o que você vê é o que você pega) permitia a manipulação dos objetos da tela e uma formatação prática de textos.

⁵ A satisfação pode ser mensurada quantitativamente por meio de questionários de satisfação do usuário utilizando-se valores numéricos (notas), ou qualitativamente, através de julgamentos do usuário ou avaliador (subjetivo).

portanto, o uso de princípios estabelecidos e testados por estudos na área de GUI para alcançar consistência e eficiência na apresentação das informações. Assim, é possível oferecer ao usuário controle das suas tarefas mediante uma comunicação fácil e intuitiva com o sistema (APPLE, 1987), além de incorrer em um aumento da sua performance na realização de tarefas.

O layout de aplicações 2D respeita técnicas de interface gráfica classificadas em três áreas: identificação da aplicação, conteúdo e área de trabalho, e navegação. Essa classificação descreve, ainda, um número de técnicas de estrutura visual que suportam efetivamente e de maneira harmoniosa o projeto de distribuição de conteúdo. São elas: agrupamento, hierarquia, relação, controle, consistência, balanço, alinhamento e experiência do usuário. A funcionalidade de uma aplicação dependerá das análises de tarefas do projeto de interação do sistema, considerando aspectos como confiabilidade, disponibilidade, segurança, integridade, padronização, portabilidade e integração (SHNEIDERMAN, 1998, p. 32).

Em avaliações referentes a esses sistemas, considera-se o cumprimento de requisitos como prazo de aprendizagem, performance rápida de tarefas, baixa taxa de erros, facilidade de retenção e satisfação do usuário. De acordo com Shneiderman (1998), os resultados podem ser alcançados com estudos piloto, revisão profissional, testes de usabilidade e teste de aceitação. Ainda, uma interface de sucesso pode ser assegurada por meio de algumas regras (SHNEIDERMAN, 1998) como consistência da interface, atalhos para os comandos, resposta rápida do sistema, foco no conteúdo, ausência de erros, possibilidade de reverter ações dos usuários, controle do usuário sobre o sistema e redução do uso da memória de curto termo do usuário.

O gráfico computacional funciona como um dos principais agentes de interação, que torna possível a comunicação entre o homem e a máquina. Com isso percebe-se que a migração da interface textual para a metáfora gráfica 2D está atrelada a modelos simples de interação que dependem quase exclusivamente de símbolos visuais de comunicação, fazendo dos sistemas bidimensionais elementos essencialmente de cunho visual. Por outro lado, o desafio de permitir que a evolução dos sistemas computacionais ofereça meios de migrar técnicas de desenvolvimento de projeto de interação 2D para sistemas 3D em tempo real parece ser maior do que se imagina. Os escassos autores que sugerem tal façanha pouco contribuem para o desenvolvimento de projetos complexos de interação.

2.1.3.2 Sistema de RV

De acordo com Stuart (1996), sistemas de ambientes virtuais (AV) (termo por ele preferido à realidade virtual) são ambientes gerados computacionalmente e caracterizados como uma interface entre homem e computador que é provida de um ambiente sintético 3D, com imersões interativas e multissensoriais. Pinho (2000) compartilha a mesma teoria afirmando que “um ambiente tridimensional é um cenário dinâmico armazenado em computador e exibido, em tempo real, através de técnicas de computação gráfica”, o qual pode apresentar duas categorias de ambientes, imersivo e não imersivo. Essa interface exige, portanto, muito mais do que símbolos gráficos para se comunicar com o usuário, e as técnicas requeridas no desenvolvimento de uma interface de RV vão além de simples regras gráficas. Dispositivos de interação física, por exemplo, possuem um papel muito importante em aplicações com AVs, pois aproximam a aplicação ainda mais da realidade. Entretanto, essas tarefas dependem de uma série de coordenadas que, de modo geral, são oferecidas ao usuário por meio de saídas visuais, ou seja, gráficos.

Em 1997, Seidman sugeriu uma analogia entre interface de AVs e técnicas de interface gráfica com o usuário (GUIs), habitualmente utilizadas em aplicações 2D. Suas observações, no entanto, são genéricas e pouco conclusivas. De acordo com Marcus (1998), ao levar-se em conta apenas metáforas, modelos mentais, modelos de navegação e de interação que constituem as bases de uma interface com o usuário, muitas análises devem ser feitas para suportar a relação das GUIs aplicadas a interfaces de AVs. Entre os componentes a serem ponderados no projeto de um AV (objetivando estabelecer modelos de comunicação estáveis), destacam-se os fatores humanos relacionados aos dispositivos de interação. Os dispositivos representam uma interface de comunicação entre usuário e sistemas em que uma variedade de métodos particulares para o procedimento de interação deve ser considerada. Da mesma maneira, os aspectos de cognição visual merecem atenção especial, pois podem comprometer o fluxo de tarefas durante a utilização do sistema.

O AV é constituído por um ambiente sintético, representado tridimensionalmente e onde o usuário possui liberdade para interagir em até 6DOF (graus de liberdade) sendo eles translação (mudança de posição) nos eixos de coordenadas x , y , z e mudança de orientação, que refere-se a giros dentro dos eixos x , y e z (*yaw* - guinada, *pitch* - inclinação, e *roll* - giro) (STUART, 1996). A navegação livre e a execução de tarefas dependem de habilidades de manuseio de ferramentas e compreensão do cenário. Pode-se considerar dois os tipos de cenários encontrados em AVs (um terceiro surge da derivação destes). O primeiro é marcado

pelo processo de a) exploração do ambiente através de um “Passeio Virtual”, o qual exige o emprego de modelos mentais⁶ e *conhecimento situacional* (localização, posição), fazendo com que o usuário desenvolva tarefas a partir de *consciência local ou global*⁷. O segundo cenário concentra-se em um modelo de interação direta e mais ativa, na qual a b) “Manipulação” de um objeto é o centro das atividades no AV. Uma abordagem menos genérica permite uma terceira classificação de modelo de interação, que seria uma c) mistura do “Passeio” e da “Manipulação”. Exemplos desse tipo de aplicação são os simuladores de voo, que dependem da *manipulação* de instrumentos e do *conhecimento situacional* (Figura 4).

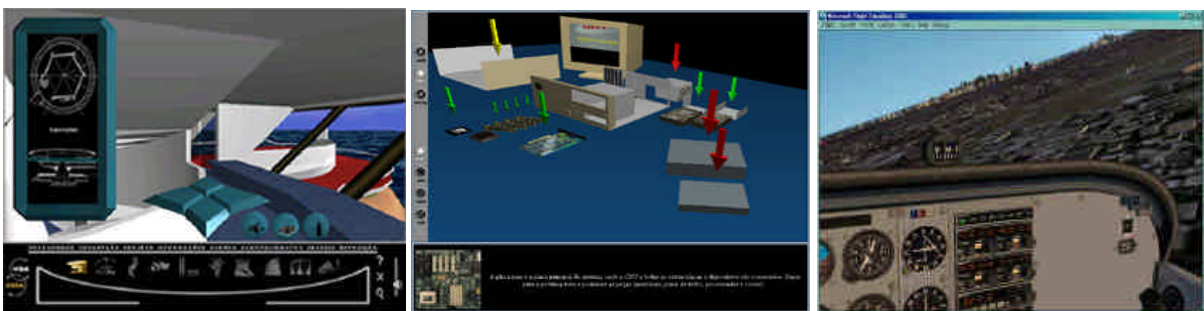


Figura 4 - a) Cenário baseado no ambiente (REBELO, 1999) b) Cenário baseado no objeto (LRV, 2004) c) Cenário misto (GUGLIELMETTI, 2002)

É importante ressaltar a importância dos diferentes tipos de cenários de AVs, pois cada um possui uma abordagem distinta no projeto de interação, implicando também o estabelecimento de procedimentos e estratégias de interação distintas dos pontos de vista e na transição entre escalas (micro, natural e macro) ou quadros de referência (egocêntrico e exocêntrico). Duas questões de importância relevante ajudam no desenvolvimento de projetos de interação em AVs: a) como o usuário vê e entende o AV para executar tarefas; e b) qual tipo de dispositivo o usuário necessita, e qual o mais apropriado, para interagir com o sistema. Independentemente do perfil, o projeto deve considerar o cumprimento de determinados objetivos, como a) integridade e consistência das informações e modelos de navegação adotados, b) flexibilidade de acesso às informações e c) uso de metáforas e controle da interação.

⁶ Modelo mental trata da capacidade que um pessoa possui para organizar suas experiências, que podem envolver pessoas, eventos, lugares. O modelo mental é formado com base em experiências, treinamentos e instruções, e oferece ao usuário entendimento para criar modelos mentais que o ajudam a prever eventos futuros (PREECE et al., 1994).

⁷ A consciência (ou direcionamento) local (responsável por tarefas que envolvem controle para o direcionamento) e a consciência global (responsável por tarefas que envolvem entendimento e compreensão global) permitem ao usuário se situar, compreender e se locomover em espaços (abertos ou fechados, urbanos, edifícios ou salas). Para Colquhoun e Milgram (2000) a consciência global aumenta de acordo com o aumento do quadro de referência exocêntrico. Portanto, a diminuição da egocentricidade, responsável pelas tarefas de direcionamento local, determinará o grau de dificuldade da tarefas de localização de um ponto de referência dentro do AV.

Interações em Ambientes Virtuais

Uma interface deve ser simples, logicamente organizada e habilmente classificada para cumprir alguns requisitos de usabilidade e auxiliar usuários nas tomadas de decisões durante os procedimentos de interação (SHNEIDERMAN, 1998). Tais procedimentos de interação referem-se à **navegação** (como o usuário é guiado e como ele realiza o deslocamento no AV), **seleção** (de que maneira objetos virtuais são escolhidos e como é estabelecida a pega deles) e **manipulação** (tarefa de tratamento que o objeto virtual selecionado sofrerá).

Mas se, por um lado, é importante que o usuário navegue e explore o ambiente, selecione e manipule objetos, por outro lado, é necessário que ele seja capaz de encontrar e desenvolver tarefas com flexibilidade, prevendo-se que ele compreenda seu papel e conheça seus objetivos para a realização das tarefas. Se isso for considerado em projeto, os resultados esperados serão alcançados com êxito.

A obtenção de resultados positivos em interface 2D é alcançada se previsto o bom uso de cores e a correta utilização de fontes e contornos, com organização e contraste de conteúdo (SHNEIDERMAN, 1998). Aspectos de importância em SRVs estão associados à correta escolha de metáforas de controle para a interação (para a interface real e/ou virtual) e o bom uso de retornos durante a realização de procedimentos de interação (como visual, sonoro e háptico).

Dispositivos

Em um AV que dependa de ferramentas não padronizadas para realizar interações, tem-se como primeiro desafio a familiarização do usuário com o equipamento. Os componentes que contribuem com a interface interativa de SRVs são os dispositivos que permitem ao usuário interagir com a aplicação. Rastreadores de posicionamento são responsáveis pelo posicionamento do usuário ou partes de seu corpo dentro dos AVs e contribuem para a realização de tarefas através de manipulação de objetos em tempo real ou acesso de menus interativos. Esses dispositivos permitem metáforas com apontadores (*pointers*) recomendados, por exemplo, para ambientes educacionais (DEDE et al., 1999). Os dispositivos de saída gráfica (monitores, capacetes, óculos, CAVEs⁸) são responsáveis pela visualização do cenário virtual.

⁸ Tecnologia implementada com a finalidade de oferecer ao usuário uma experiência imersiva dentro de um ambiente cujas paredes refletem o AV. O dispositivo de RV se assemelha a um cinema e é auxiliado por óculos ou capacete que permitem ver o AV em estereoscopia (CRUZ-NEIRA et al., 1992).

Srinivasan et al. (1996) classifica sistemas de RV em duas categorias: os que possuem **interações sensoriais** (envolvendo sentidos) e os que possuem **interações cognitivas** (envolvendo conhecimento adquirido na aplicação). O primeiro consiste de canais sensoriais que contribuem no processo de interação e depende de saídas sonoras (ajudam na imersão), visuais (gráficos que representam cenários 3D e dispositivos visuais) e hápticas (dispositivos que causam estímulos táteis e cinestésicos). Entretanto, segundo Srinivasan et al. (1996), a influência das informações visuais sempre prevalecerá.

De acordo com Hannaford e Venema (1995), o ser humano percebe um ambiente real por meio de seus cinco sentidos (visão, audição, paladar, olfato e toque), que trabalham conjuntamente para estabelecer uma linha de informação e ativar a percepção. Embora o sentido visual possua a grandeza de estabelecer a relação mais estável de percepção em AVs, é o tato que oferece o maior número de informações para interagir com o mundo ao nosso redor. Mas o tato é apenas parte do que hoje se entende a respeito desse sentido, que pode ser chamado de háptico. Dividido em duas categorias, cinestésico (através do qual sentimos forças e movimentos) e tátil (através do qual sentimos formas e texturas), ele estabelece uma ligação diferente entre sistema e usuário. Ele permite que o usuário receba informações de ordem tátil através de dispositivos hápticos, que permitem a sensação de formas e texturas (HANNAFORD; VENEMA, 1995), além de sensações térmicas (STUART, 1996) e cinestésicas (sentido que percebe a posição do corpo, movimento, força, peso e resistência através de movimentos de músculos, tendões e juntas; também relacionado aos dispositivos com retorno de força - *force feedback*). Mas a cinestesia é também responsável pelo envio de informações por parte do usuário, o que se entende por “atuadores”, responsáveis pelo direcionamento do diálogo que parte do usuário. Por exemplo, o movimento de cabeça com um capacete de RV “envia” sinais de posicionamento e movimentação através de rastreadores (*trackers*); ou, ainda, através de dispositivos com retorno háptico, como PHANTOM (SALISBURY; SRINIVASAN, 1997) ou SPIDAR (KIM et al., 2002), o usuário “recebe” informação do sistema como a força impressa no AV. Uma outra opção de envio de informação seriam os comandos de voz (Figura 5). O procedimento de interação em AVs está atrelado a estímulos sensoriais recebidos pelo usuário e atuadores para envio de informação onde possíveis combinações permitem um determinado nível de envolvimento do usuário. Isso significa que a interação se resume a capacidade que o usuário possui de atuar e interpretar retornos provenientes do sistema.

A escolha de dispositivos de entradas e saídas de dados pode ser feita com mais facilidade quando conta com a ajuda de taxonomias ou classificações que esclarecem modelos

de interação 3D possíveis com determinada ferramenta, pois ajudam a compreender sua aplicação na execução de tarefas. Bernsen (1997) sugere a existência de milhares de combinações para modalidades de entrada e saída de dados e afirma que tecnologias para sistemas multimodais estão crescendo rapidamente, incluindo a área de RV.

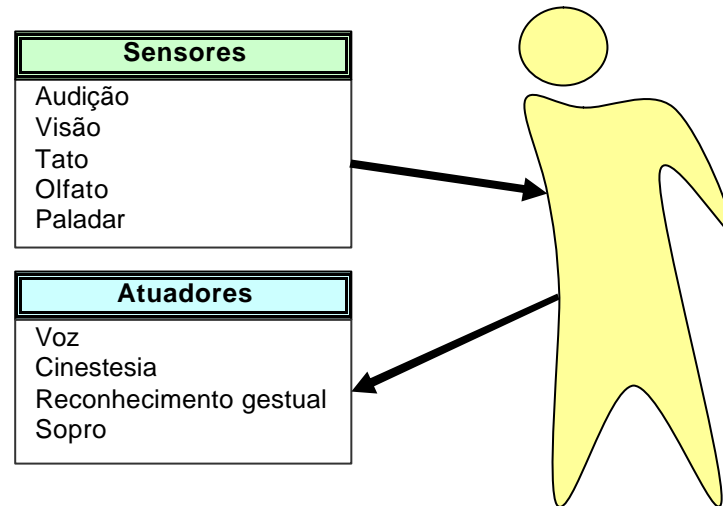


Figura 5 – Sensores e atuadores nos processos de interação.

Obtenção de Informações

O usuário precisa ainda conhecer seus objetivos e procedimento para realização das tarefas e reconhecimento do AV. Embora a performance do usuário dentro de um AV seja mensurada nas suas capacidades de percepção e interação, suas tarefas deverão ser desenvolvidas a partir de indicações sensoriais, fundamentadas basicamente em saídas gráficas. Saídas sonoras e cinestésicas contribuem para um envolvimento ainda maior com a aplicação. Quadros de referência auxiliam, principalmente, na tarefa de navegação e servem como incremento potencial no aprendizado, pois o usuário pode ter liberdade de escolha da melhor posição dentro do AV para interagir e executar tarefas. Estudos comprovam que quadros de referência ajudam o usuário a perceber e visualizar informações de maneira natural, reforçando suas habilidades de aprendizado e de memorizar modelos abstratos (WICKENS et al., 1999; DEDE et al., 1999). Os quadros de referência se apresentam de duas maneiras, que caracterizam tipos diferentes de visualização (WICKENS et al., 1994; ELLIS, 1995): a) **egocêntrica**, que representa uma visão do mundo virtual em uma escala 1:1, ou seja, com a mesma referência que se tem no mundo real e com instruções do tipo vire à direita/esquerda com relação a determinado ponto de referência (esse ponto de vista é associado à visão na primeira pessoa); e b) **exocêntrica**, referindo-se a uma visão externa do mundo, de onde o usuário percebe relações espaciais complexas que não podem ser

percebidas na escala 1:1 (o usuário obtém a localização visual de um alvo com base nele mesmo, ou seja, o mundo é visto de outro ponto de vista, mais amplo e, por vezes, com a referência do próprio observador) (Figura 6).



Figura 6 – a) Visão egocêntrica b), c) e d) Diferentes níveis de visão exocêntrica

Execução de Tarefas

A relação que os quadros de referências possuem com a estrutura visual dentro de um AV é exatamente aquela ligada à **percepção de objetivos** e à **realização de tarefas**. Se o usuário possuir meios apropriados de compreender o espaço, ele terá condições de localizar conteúdos e instruções e, por sua vez, mais habilidade de executar tarefas e alcançar resultados. **Pontos de referência** atuam como identificadores para o usuário. A localização de um ponto de referência dentro do AV ou a localização de uma determinada sala em um prédio são fundamentadas por aspectos de cognição. Como foi mencionado anteriormente, a consciência global e local refere-se às tarefas de localização e compreensão do ambiente relacionando-se diretamente com quadros de referência exocêntrico e egocêntrico (ver nota de rodapé “consciência global e local”, página 36).

Apesar de Perry et al. (1997) classificar as interfaces para AVs em quatro áreas específicas – auditiva, visual, tátil e navegacional –, uma generalização dessa classificação apresenta duas classes de interações: sensoriais (as que envolvem os sentidos) e conscientes (as que envolvem o conhecimento ou cognição do usuário). O conhecimento adquirido pelo usuário depende de intuição e intelecto para processar informações através dos sentidos mais

comuns em AVs, que são os visuais, táteis, auditivos e cinestésicos. Exemplo de tarefa cognitiva é a navegação que o usuário realiza com o intuito de explorar o AV na busca por tarefas a serem executadas. A construção do conhecimento através da tecnologia de RV é assegurada pelo projeto de interações que deve contar com manipulações e simulações de objetos reais em AVs (WINN, 1993; SHNEIDERMAN, 1998). Com isso é possível compreender a necessidade de esses ambientes serem intuitivos para proporcionar um nível natural de interação para a realização de tarefas. A aproximação do real para cenários que representem a realidade é apropriada em casos específicos (como treinamento, por exemplo), em que seja necessário representar com fidelidade um cenário para cumprir o propósito da aplicação.

Os Estímulos da Visão

Já foi comentado que o sentido mais explorado na comunicação entre homem e computador é a visão, e prova disso é o ícone de apontamento do mouse como recurso gráfico da ferramenta virtual mais comum de interação. Ambientes virtuais, de baixo custo ou não, exigirão o uso de dispositivos que deverão se comportar como objeto de interação para a realização de tarefas que estarão vinculadas a elementos visuais. Se elementos visuais estão presentes nesses aplicativos, então uma estrutura visual deve ser imposta para que o usuário possa se orientar com facilidade para a obtenção de resultados positivos.

Aplicações de RV possuem como princípio básico a visualização do espaço tridimensional que oferece ao usuário sua própria localização e conteúdo. Essa característica se torna evidente sobre outros sentidos que servem (RUDDLE et al., 2000) como forma de comunicação (e.g. sonora ou cinestésica). Uma estrutura visual de AV apresenta um cenário 3D onde informações são lançadas ao usuário independentemente do modelo de organização seguido, devendo promover estímulos que levem o usuário a facilmente achar e desenvolver tarefas. O objetivo da estrutura visual é manter o usuário focado em seu conjunto de tarefas, e utilizam-se, para isso, apenas dicas visuais para prender a atenção do usuário. O **modelo tridimensional** (casca do mundo virtual) possui um grande peso como elemento visual, não menos importante do que a distribuição do conteúdo visual que deverá prover essa aplicação de informações, mas de igual importância, pois ele é identificado como cenário-base para a aplicação (ou, ainda, podemos classificá-lo como contínuo *background*). Uma estrutura visual consistente e coerente pode ser composta dos seguintes requisitos:

- a) organização do AV;
- b) definição dos modelos 3D;

- c) utilização de texturas;
- d) previsão e uso de informações textuais (um grande número de palavras pode causar problemas de leitura em um AV); e
- e) agrupamento de tarefas e informações.

2.2 Usabilidade e seus Conceitos

A usabilidade representa, além de uma característica associada à qualidade de produto, os critérios ergonômicos em processos de avaliação. Usabilidade enquadra-se também como objeto de pesquisa utilizado em estudos de ergonomia, os quais objetivam a obtenção de respostas claras e práticas com relação à satisfação que um produto pode oferecer ao usuário. Ambos, usabilidade e ergonomia, trabalham para atingir objetivos comuns mediante investigações e aplicação de conceitos ao longo do desenvolvimento do projeto de produto. Portanto, ao estabelecer critérios usáveis para o sistema, cumpre-se também uma tarefa dos estudos de ergonomia, que é representada por uma grande área de estudo dentro da IHC e que se preocupa com características comportamentais e psicológicas⁹.

Entende-se por usabilidade a facilidade de uso de um sistema que foi concebido para uso humano, utilizando-se de testes que expressem facilidade de aprendizado, facilidade de uso, flexibilidade e atitude do usuário durante a realização das tarefas (PREECE et al., 1994). Dessa maneira, as investigações sobre os processos de interação em AVs devem estudar variáveis comprometidas com a qualidade em uso. A escolha de uma única característica para investigar a qualidade de um produto (nesta tese, a verificação dos processos de interação) justifica-se por sua natureza abrangente, mas ao mesmo tempo objetiva, de determinar qualidade através da facilidade com que o sistema pode ser compreendido e utilizado.

Como a usabilidade, outros itens, ou características, determinam a qualidade de um produto ou software, entre eles funcionalidade, desempenho e eficiência, manutenibilidade, confiabilidade e portabilidade. As subcaracterísticas da usabilidade determinadas pela norma ISO/IEC 9126 sugerem variáveis para mensurar a qualidade de software, sendo esse um conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para utilização de um software. Este tópico faz uma introdução à qualidade de software e apresentação de normas, com destaque para a ISO/IEC 9126, que representa um modelo de qualidade de software. É também abordada a questão da qualidade de software no Brasil e as pesquisas que mostram o

⁹ Para Santos (2002), a ergonomia é uma disciplina que une o interesse da psicologia, preocupada com o comportamento humano, e da engenharia, preocupada com o aspecto tecnológico, direcionando esforços para o desenvolvimento de sistemas que refletem um conjunto de princípios comportamentais no design de sistemas físicos.

pouco conhecimento e uso de normas para avaliação do produto de software no cenário brasileiro.

2.2.1 Normas de Qualidade

Para compreender melhor o que o termo *usabilidade* significa é interessante, antes, entender sua origem, ou seja, as normas que certificam a qualidade de um produto de software. Com a publicação, em 1991, da ISO/IEC 9126 pela *Internacional Organization for Standardization*, é lançado um material que determina a qualidade do produto de software caracterizando uma padronização mundial para a representação da qualidade. Sua tradução para o português foi publicada em agosto de 1996 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) sob a denominação de NBR 13596:1996. Foi também nesse ano que aconteceu uma divisão da ISO/IEC 9126:1991, a qual passa a ser interpretada através do conjunto de normas ISO/IEC 9126 (Qualidade do produto de software) e ISO/IEC 14598 (Avaliação do produto de software). Três normas abordam os aspectos técnicos para avaliação da qualidade do produto de software, sendo ISO/IEC 9126 (Características de qualidade de software), ISO/IEC 14598 (Guias para avaliação de produtos de software) e ISO/IEC 12119 (Requisitos de qualidade e testes de pacotes de software) (SELNER, 1999).

A série de normas identificada como ISO/IEC 14598 tem o propósito de oferecer suporte e processos de avaliação da qualidade do produto de software e apoiar diretamente o desenvolvimento e a aquisição de software que atendam às necessidades do usuário e do cliente. Tem como objetivo final assegurar (através da satisfação de critérios atribuídos à avaliação) que o produto forneça a qualidade requerida às necessidades explícitas¹⁰ e implícitas¹¹ dos usuários, o que inclui operadores, destinatários dos resultados do software ou mantenedores de software. Entre as várias tarefas sugeridas para o processo de avaliação, uma delas se caracteriza pela necessidade de especificação de um modelo de qualidade. Entretanto, apesar de a série 14598-1 possibilitar o uso de qualquer modelo de qualidade, é recomendada a utilização do modelo 9126-1, uma vez que este permite um processo de avaliação muito mais simples, visto também que todas as normas da família 14598 estão relacionadas ao modelo 9126 (KOSCIANSKI, 1999).

Uma nova proposta sugere a consolidação das séries ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598 através da criação de variáveis para os modelos de referência, terminologia, definições e guias de uso prático sob a denominação de ISO/IEC 9126 (SQuaRE). O SQuaRE tem como

¹⁰ Sem margens à ambigüidade, utilizando para isso usuários-teste e dados quantitativos.

¹¹ Dados expressos de maneira não formal utilizando dados qualitativos – usuários-teste podem ou não ser utilizados.

conceito-chave a satisfação das necessidades do cliente, que pode ser alcançada através de uma visão do **ciclo de vida** das métricas e medidas, e através de um modelo de qualidade de gerenciamento. A maneira como são apresentadas as competências de cada norma e a nova série SQuARE encontram-se no Apêndice A (item 1, p. 130).

2.2.1.1 Referência Brasileira da Norma 9126

Recentemente no Brasil, a NBR 13596:1996, que ainda se dedica às áreas de Sistemas de Informação, à avaliação de produto de software e às características de qualidade e diretrizes para o seu uso, foi substituída por uma nova publicação sob o nome de NBR ISO/IEC 9126-1:2003 (VILLAS-BOAS, 2003), também determinada pela ABNT. Sua utilização ainda é apropriada ao processo de desenvolvimento do software, tendo-se em vista que, se os processos respeitarem as normas sugeridas, o produto deverá estar de acordo com os padrões de qualidade, o que não garante necessariamente a aceitabilidade do produto. O uso da norma NBR 13596 ou ISO/IEC 9126 é recomendado (KOSCIANSKI, 1999) com o intuito de:

- a) validar a completude da definição de requisitos;
- b) identificar requisitos de software;
- c) identificar os objetivos do projeto de software;
- d) identificar os objetivos do teste de software;
- e) identificar os critérios de garantia de qualidade;
- f) identificar os critérios de aceitação do produto de software;
- g) identificar um modelo de qualidade do produto no processo de comprador/fornecedor;
- h) dar apoio para revisão, verificação e validação de um modelo para avaliação de qualidade no processo de suporte; e
- i) dar apoio para estabelecimento de objetivos de qualidade no processo de gerenciamento.

Um conjunto mais abrangente de técnicas e métodos se encarrega de oferecer subsídios para o processo de avaliação de produto de software, tais como planejamento, desenvolvimento, controle e técnicas de avaliação. O Apêndice A (item 2, p. 131: Normas no Brasil e outros modelos de qualidade) apresenta um quadro com as normas publicadas no Brasil e outros modelos de qualidade populares que não se enquadram como normas.

2.2.1.2 Arquitetura da Norma NBR ISO/IEC 9126

A NBR ISO/IEC 9126:2003 representa um modelo de qualidade do produto que define um conjunto de características que devem ser atendidas para que ele seja considerado um software de qualidade. Esse modelo de qualidade é utilizado mediante a verificação de métricas de qualidade interna e externa, além de qualidade em uso. Sua aplicação pode ser iniciada desde a definição dos requisitos do produto, passando por todas as etapas de análise, projeto, codificação, testes e avaliações. Com a finalidade de atingir as melhores performances de um produto, a utilização dessa norma pode ter ainda a pretensão de uma certificação.

ISO/IEC 9126-1	Modelo de Qualidade	Refere-se à descrição do modelo para a obtenção de qualidade do produto de software incluindo aspectos de qualidade interna, externa e em uso. O modelo apresenta seis características. Cada uma delas é dividida em subcaracterísticas.
ISO/IEC 9126-2	Métricas Externas	Descreve métricas para especificar ou avaliar o comportamento de um software quando operado pelo usuário, retornando resultados como quanto tempo é gasto pelo usuário no aprendizado de uma função ou quão eficientes são as caixas de mensagens de erro para que o usuário as entenda.
ISO/IEC 9126-3	Métricas Internas	Descreve métricas a serem utilizadas na criação de requisitos que descrevam propriedades estáticas da interface através de uma avaliação por inspeção, sem a necessidade de operar o software. Entre as propriedades estão: documentação das proporções das funções, quais proporção dessas funções poderiam ser desfeitas e quais mensagens de erros são auto-explicativas.
ISO/IEC 9126-4	Métricas de Qualidade em Uso	Sugere métricas para eficácia, produtividade, satisfação e segurança do usuário.

Quadro 1 - Qualidade de produto de software

A norma 9126 é dividida em quatro partes (Quadro 1), sendo a primeira delas definida por seis fatores de qualidade e suas subcaracterísticas. As outras partes sugerem métricas para estimar os fatores de qualidade da parte 1 através das medições que são realizadas com o intuito de planejar e controlar a qualidade do produto durante o desenvolvimento, avaliar a qualidade do produto final e servir ao aprendizado sobre o processo de software. Além de providenciar meios para o desenvolvimento de um software de qualidade, a norma 9126 estabelece diretrizes que incentivam a prática da aplicação do modelo. Isso acontece porque a norma possui uma abordagem que se aprofunda em um processo de análises de medidas internas e externas, apoiando-se em características que representam os aspectos a serem analisados no produto e subcaracterísticas que representam os itens de avaliação do processo.

O modelo de qualidade representado pela primeira parte da norma oferece seis características: funcionalidade, confiabilidade, **usabilidade**, eficiência, manutenibilidade e portabilidade. Cada uma delas ainda se divide em subcaracterísticas afins (Figura 7).

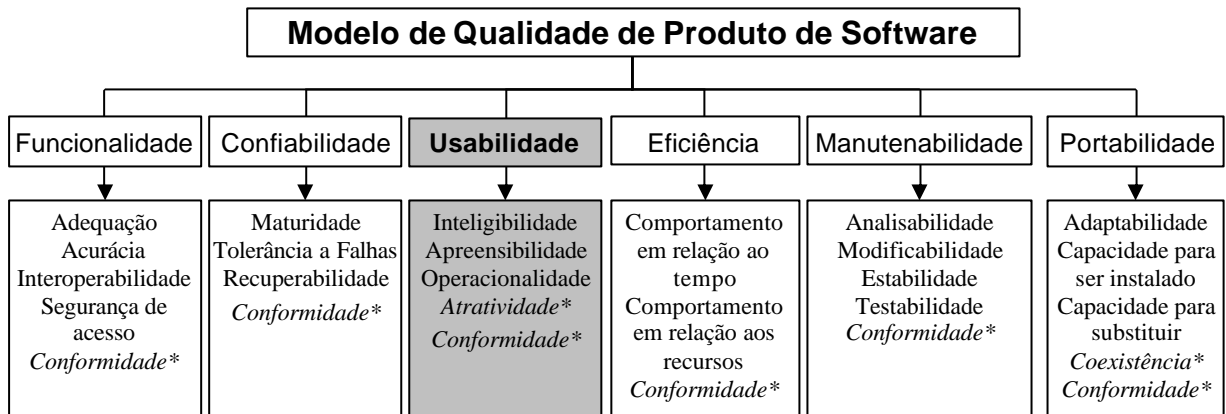


Figura 7 - Características de qualidade internas e externas. Fonte: Koscianski (1999)

* A revisão da norma ISO/IEC 9126, que vem sendo feita aos poucos, não deverá modificar nenhuma das suas características básicas. As modificações recentes se resumem à inclusão de dois documentos adicionais com descrição de métricas externas (relativas ao uso do produto) e métricas internas (relativas à arquitetura do produto). Entre as modificações, encontram-se algumas novas subcaracterísticas, como conformidade, que faz parte de todas as características, atratividade, que é uma subcaracterística de usabilidade, e capacidade de coexistir, que é uma subcaracterística de portabilidade.

As características apresentadas pela norma 9126 determinam um amplo universo delimitado pelas subcaracterísticas que devem ser hierarquizadas de acordo com as necessidades identificadas no projeto. Cada projeto possui um conjunto distinto de requisitos de qualidade. Por meio da análise de requisitos, o avaliador deve identificar as necessidades do usuário, de modo a obter uma definição clara das características do sistema que mais se destacam por sua importância. Essas características descreverão o sistema em termos de funcionalidades, desempenho esperado, restrições de projeto, níveis de qualidade esperados e interface com outros elementos do sistema. Confere ao avaliador determinar um terceiro nível, correspondente aos atributos relacionados às subcaracterísticas.

Aplicação da Norma

Representando o primeiro passo para o processo de avaliação do produto, a escolha das características e subcaracterísticas deve determinar a “capacidade do software”, o que pode ser feito através de um conjunto de atributos internos mensuráveis, os quais são representados pelas métricas internas encontradas na norma 9126-3. As medidas externas são feitas pelo grau de “capacidade do sistema” (o qual contém o software) e podem ser encontradas na norma 9126-2. A importância da definição dos atributos é declarar de forma objetiva, e não ambígua, a identificação de aspectos relevantes ao produto de software (os quais se enquadram nas características e subcaracterísticas utilizadas) (KOSCIANSKI, 1999).

Um método prático que auxilia na busca por valores (notas ou conceitos) para cada subcaracterística é atribuir questões relevantes para a compreensão de seus objetivos. Os conceitos atribuídos às características e subcaracterísticas da norma ISO/IEC 9126 podem ser

encontrados em um quadro completo apresentado no Apêndice A (item 3, p. 132: ISO 9126) deste trabalho. A seguir, é apresentada a estrutura referente à característica de **usabilidade** e suas subcaracterísticas (Quadro 2). As perguntas de referência representam questões e aspectos que devem ser cumpridos para se alcançar a qualidade.

Característica	Subcaracterística	Pergunta-chave
Usabilidade : conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para se poder entender e utilizar o software, bem como o julgamento individual desse uso, por um conjunto explícito ou implícito de usuários. É fácil de utilizar?	Inteligibilidade : atributos do software que evidenciam o esforço do usuário para reconhecer o conceito lógico e sua aplicabilidade.	É fácil entender os conceitos?
	Apreensibilidade : atributos do software que evidenciam o esforço do usuário para entender e aprender sua aplicação (por exemplo, controle de operação, entradas, saídas).	É fácil aprender a usar?
	Operacionalidade : atributos do software que evidenciam o esforço do usuário para sua operação e controle de sua operação.	É fácil operar e controlar?
	Atratividade : evidencia a satisfação subjetiva do usuário durante o uso.	O usuário se sente satisfeito com o uso do sistema?
	Conformidade : atributos do software que determinam se está de acordo com as normas, convenções ou regulamentações previstas em leis e descrições similares, relacionadas à aplicação. Também significa que está em harmonia com padrões ou convenções relacionados à portabilidade.	Está de acordo com as normas, convenções e regulamentações?

Quadro 2 - Perguntas referentes à característica de Usabilidade

O modelo proposto pela norma 9126 oferece o caminho mais prático para determinar as variáveis de avaliação a serem utilizadas no processo de investigação de AVs. As perguntas referentes a cada subcaracterística nem sempre são levadas em conta em pesquisas realizadas na área de AVs, mas quando isso ocorre (normalmente de forma pouco explícita) são estabelecidos resultados inéditos, seguidos de recomendações que podem ser utilizadas na realização de novos projetos.

2.2.2 Qualidade de Software no Brasil

No Brasil poucos conhecem e utilizam processos de qualidade de software. De acordo com uma pesquisa realizada pelo MCT/SEPIN em 2001 (SEPIN-BRASIL, 2001) com relação ao uso de processos de avaliação de qualidade e utilização de normas, verificou-se que menos de 70% dos entrevistados conheciam as normas 9126, 14598 e 12119, e não mais que 11%

desse número as utilizavam (Figura 8). A pesquisa não tratou da medição da qualidade dos produtos de software, tendo evidenciado apenas o acompanhamento de indicadores quanto ao conhecimento e adoção de normas e modelos dessa natureza.

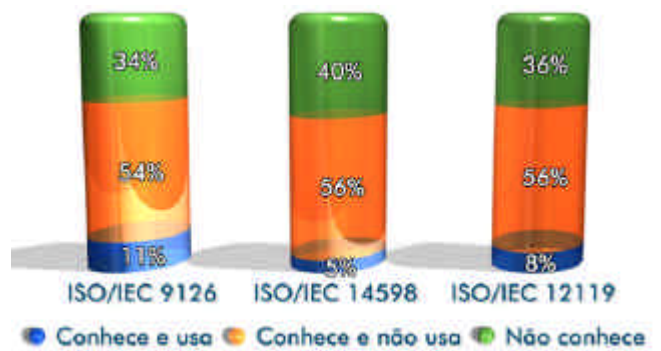


Figura 8 - Conhecimento de normas da qualidade de produtos. Fonte: SEPIN-BRASIL (2001)

Essa fraca apropriação das normas implica uma cultura de não-apropriação de meios existentes, que pode ser identificada pela Tabela 1, que apresenta dados de pesquisa com relação à avaliação de produtos de software.

Tabela 1 - Avaliação de produtos baseada nas normas NBR 13596 ou ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 12119. Fonte: SEPIN-BRASIL (2001)

Categorias	Nº de organizações	%
Produtos avaliados por terceiros	27	6,4
Auto-avaliação	29	6,8
Em estudo ou implantação	114	26,9
Outras normas	7	1,7
Avaliação baseada em normas próprias	12	2,8
Não adota	245	57,8
Base	424	100

A pesquisa teve por objetivo acompanhar indicadores de adoção de normas e modelos de avaliação. Foi verificado que até 2001 apenas 13% de uma amostra de 446 organizações tinham experimentado algum processo de avaliação de seus produtos de software com base nas normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 12119 (realizadas por terceiros através de auto-avaliação). Cerca de 65% das empresas conheciam as normas ISO/IEC 9126 ou ISO/IEC 12119, e um pouco menos (60%), a ISO/IEC 14598 (Figura 8). A Tabela 2 mostra resultados mais detalhados dessa pesquisa.

Percebe-se, portanto, que existe um interesse em determinar características da qualidade e diretrizes para uso de produtos, pois a norma mais utilizada foi a ISO/IEC 9126 (11%) (Figura 8). Por outro lado, percebe-se o pouco interesse pelas normas ISO/IEC 12119 (8%) (que estabelece os requisitos da qualidade e testes em pacotes de software) e ISO/IEC

14598 (5%) (que trata do processo de avaliação de um produto de software) (SEPIN-BRASIL, 2001).

Tabela 2 - Conhecimento de normas da qualidade de produtos.
MCT/SEPIN – Fonte: SEPIN-BRASIL (2001)

Categorias	NBR 13596 (ISO/IEC 9126)		ISO/IEC 14598		ISO/IEC 12119	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Conhece e usa sistematicamente	16	3,9	5	1,2	10	2,4
Conhece e começa a usar	31	7,5	14	3,4	22	5,4
Conhece, mas não usa	224	54,4	228	55,6	230	56,0
Não conhece	141	34,2	163	39,8	149	36,3
Base	412	100	410	100	411	100

2.2.2.1 Qualidade em Projetos de SRV

No Brasil existe, sim, uma preocupação com procedimentos de avaliação dos SRVs. No questionário (Apêndice B, p. 135) aplicado entre desenvolvedores da área, foi verificado que 67% dos entrevistados dizem utilizar algum tipo de processo de avaliação, mas essa aplicação se resume à utilização de processos informais, perfazendo 100% das respostas. Processos desse tipo são descritos em publicações como a do projeto AVVIC (MARTINS; KIRNER, 1997). Isso pode significar que a utilização de normas preestabelecidas não seja a forma mais adequada de determinar qualidade em SRVs, por conta das diferenças que podem ser encontradas na área de IHC para sistemas 2D e 3D, além da subjetividade das recomendações. Outra opção pode ser o desconhecimento ou inexistência de processos formais específicos para SRVs. Já foi mencionado que SRVs possuem peculiaridades de interação não presentes em sistemas bidimensionais, e, por ser uma área ainda em crescimento, poucas opções de avaliações específicas para SRVs são encontradas.

Ainda, a pesquisa aponta quais características são consideradas no procedimento de avaliação, e o item mais considerado mostrou-se ser a **usabilidade do sistema** (15%), seguida dos **procedimentos de interação**, com 13%. Todas as características parecem merecer atenção similar (Figura 9), mas **o que menos se destacam são as preocupações com dispositivos** (necessários para realização dos procedimentos de interação): dispositivos de entrada e saída de dados (6%) e ergonomia no uso de dispositivos (7%). E mesmo que isso signifique o uso de sistemas não imersivos utilizando mouse, não justifica a ausência de estudos, uma vez que esse dispositivo pode ser utilizado de diferentes maneiras para a realização dos procedimentos de interação.

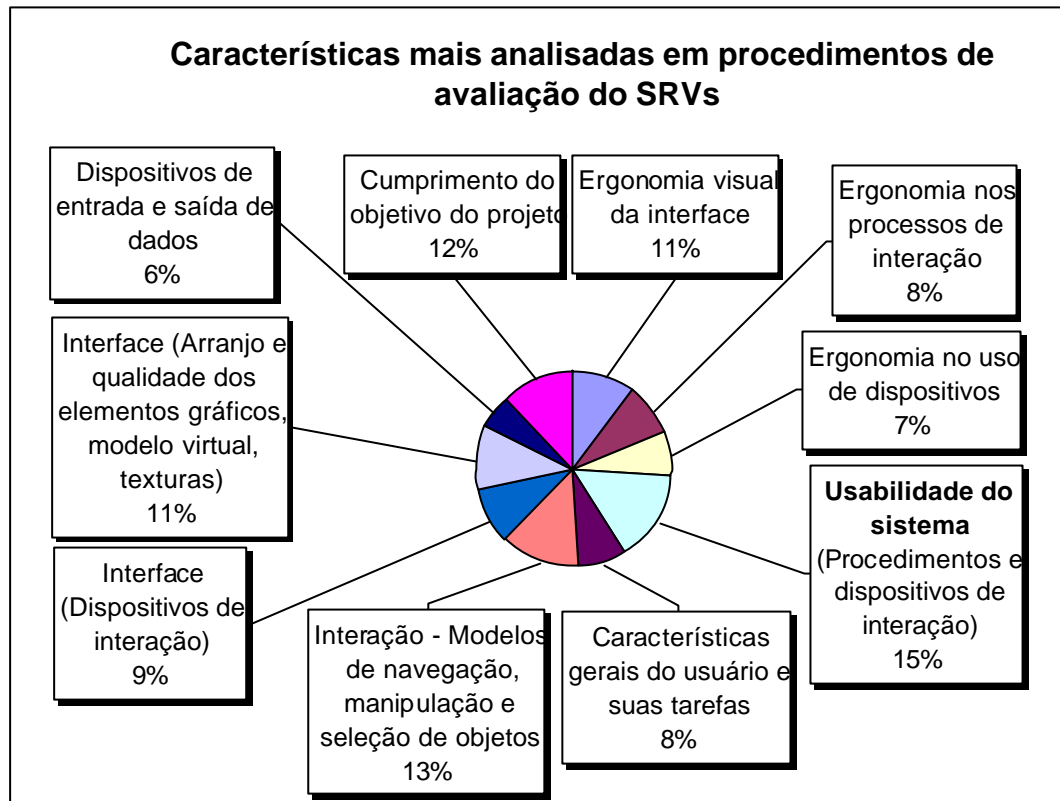


Figura 9 - Características que contam no processo de avaliação de SRVs

Foi solicitado no questionário que o entrevistado conceituasse seu grau de conhecimento de usabilidade. A maioria deles apresentou possuir pouco conhecimento (56%) ou médio (32%) sobre o termo. Apenas 4% dizem ser especialistas, e 8% dizem não ter nenhum conhecimento (Figura 10). Esses dados podem demonstrar carência de informações sobre usabilidade na área de RV ou mesmo a falta de interesse sobre o assunto. Considerando a segunda opção menos provável, avalia-se que o número insuficiente de pesquisas na área aponta para um pequeno número de especialistas disponíveis no mercado.

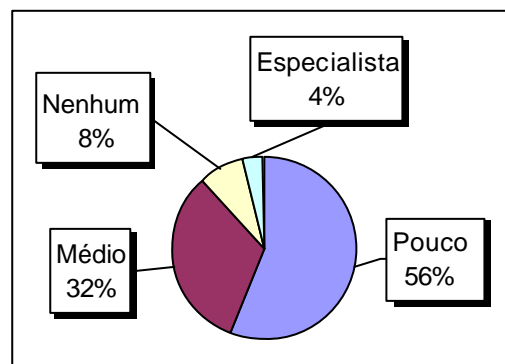


Figura 10 - Conhecimento de usabilidade

2.2.3 Conceitos Encontrados na Literatura

Na literatura encontram-se conceitos de usabilidade que apontam prioridades similares, mas que, por vezes, utilizam diferentes maneiras de conceituação e caminhos distintos para alcançar seus objetivos. Nielsen (apud REEVES, 1999) descreve que a usabilidade envolve o cumprimento de aspectos que indicam facilidade de aprendizado, eficiência na utilização e presença de poucos erros no sistema ou software em questão. Shackel (1991) identifica a eficiência, eficácia e satisfação como elementos essenciais para conceituar usabilidade e acrescenta que usabilidade é a capacidade, em termos humanos, de um sistema ser utilizado com facilidade e com eficiência por seu usuário. Para Bastien e Scapin (1993), usabilidade é um elemento diretamente ligado ao diálogo na interface que depende da capacidade do software em permitir que o usuário alcance suas metas de interação com o sistema. Jordan et al. (1996) identificam a usabilidade de um equipamento, serviço ou sistema de acordo com o grau de facilidade e conveniência que o produto oferece, o que significa que o produto é amigável ao usuário e considerado utilizável. Usabilidade é ainda tratada por Preece et al. (1994) como um conceito-chave na área de IHC, representando a qualidade de interação entre sistemas com usuários e o compromisso de oferecer ao usuário um sistema fácil de usar e aprender.

Todos esses conceitos de usabilidade se desenvolveram de acordo com uma “formulação gradativa da arma mercadológica que é a satisfação e o encantamento do cliente, culminando em normas e certificações internacionais de Qualidade Total” (NICHOLL, 2001). Hoje a usabilidade, que pode ser aplicada a produtos ou serviços, pode ser considerada um meio pelo qual se buscam utilizações racionais, contínuas e simples de qualquer recurso ou atividade, mesmo que seja em termos de usabilidade financeira (AMÂNCIO, 2003).

Mayhew (1999) determina que a facilidade de uso está ligada aos aspectos de eficiência, flexibilidade e domínio, devendo se enquadrar usuários experientes que já superaram a fase inicial de aprendizado da interface. Facilidade, por sua vez, está relacionada com o nível de subjetividade da avaliação, ao mesmo tempo que efetividade é determinada pelo nível específico da performance (SHACKEL apud GALITZ, 1996).

Para mais informações sobre estudos de usabilidade e definições sobre os termos aceitabilidade, utilizabilidade e usabilidade, ver o Apêndice C (item 1, p. 148). Esse apêndice apresenta também conteúdo sobre Engenharia de Usabilidade e projeto centrado no usuário.

2.2.4 Usabilidade de AVs

A realidade das pesquisas sobre usabilidade e AVs é de pouca expressão (GABBARD; HIX, 1998; KAUR, 1998). A falta de guias e recomendações para o desenvolvimento dos sistemas de RV reflete o desconhecimento de como projetar e quais variáveis utilizar. Alguns trabalhos citam experiências isoladas e não contribuem de forma absoluta para o desenvolvimento e avaliação de sistemas, soluções estas normalmente voltadas para técnicas de renderização (criação de imagens digitais sintéticas), modelos de navegação e uso de dispositivos específicos. Alguns desses trabalhos contribuem pontualmente com recomendações para projetos de interação (KAUR, 1998) ou uso de dispositivos.

Os aspectos físicos também representam importantes objetos de pesquisa em sistemas de RV, e sua atenção considera problemas de saúde ocasionados por dispositivos durante os procedimentos de interação, que podem ser tonturas (causadas por visualizações em capacetes ou CAVEs), problemas auditivos (causados por volume alto), indisposição muscular (repetição prolongada de movimentos causada por excesso de uso de dispositivos) e problemas de coluna (causados pelo peso e posicionamento de equipamentos como capacetes) (PERRY et al., 1997). As frustrações do usuário (desorientação, falha de julgamento perceptual, confusão através de interações não naturais) ao utilizar sistemas de AV têm demonstrado uma baixa qualidade de funcionalidade do sistema, em geral representada por um baixo nível de usabilidade (KAUR, 1996).

2.2.4.1 Pesquisas na Área

Diante dessa realidade, pesquisadores tentam oferecer contribuições que reúnam resultados de pesquisas passadas aliados a novas propostas. Os domínios em que se enquadram esses profissionais de pesquisa são de caráter comportamental do desenvolvimento do produto ou de caráter construcional, ligado aos engenheiros de software. Gabbard et al. (1999), que recorrem ao domínio comportamental do desenvolvimento, não utilizam métodos de GUI em seus estudos, pois consideram não se tratar de uma relação apropriada, uma vez que usabilidade de AV necessita análise de um número muito maior de variáveis, que não são encontradas nos métodos tradicionais de avaliação¹². Apesar de existirem semelhanças entre a metodologia sugerida por eles e a praticada em interfaces

¹² Hix e Gabbard (2002) reforçam a afirmação da pouca utilidade de GUI para o desenvolvimento e avaliação de interfaces para AVs e da importância de validar os poucos princípios de projeto de interface já desenvolvidos, mas que normalmente não são decorrentes de estudos empíricos ou com aplicação efetiva para AVs.

bidimensionais, os autores asseguram a originalidade de sua proposta, uma vez que foi especificamente desenvolvida para uso em sistemas de AVs.

Brooks (1988) sugere a necessidade de generalizar resultados de pesquisa para interface 3D, apresentando observações sobre a construção de uma estrutura de regras para o desenvolvimento dessas interfaces. Ele se baseou em metáforas, modelos mentais, cognição, respostas realísticas, uso dos sentidos, controle de variáveis e dispositivos para oferecer suporte no desenvolvimento de interface 3D envolvendo aspectos de caráter genérico. Dessa maneira, era possível obter uma melhora nos resultados de interação levantados a partir de uma série de casos práticos tendo como tópicos de estudo a estereoscopia, exploração visual, navegação apoiada por mapas 2D, refinamento progressivo de imagem, detecção de objeto, interfaces multissensoriais, uso de metáforas, manipulação direta e linhas de comando, variáveis de entrada dinâmica, seleção cinestésica e continuidade tátil, e problemas com dois cursores.

Bowman e Wingrave (2001) acreditam que pouca atenção tem sido dada à pesquisa sobre interface para RV e propõem, após avaliar diferentes modelos de menus, uma estrutura de tulipa que se mostrou apropriada no controle de sistemas para um grande número de itens de menu. O mesmo trabalho oferece um modelo de avaliação de menus para interface de AVs.

De acordo com Barfield e Furness (1995), alguns assuntos poderiam ser mais explorados, entre eles bases teóricas para verificação da necessidade de concepção de modelos conceituais que possam assistir o projetista de AVs (**taxonomia**), compreender as implicações dos fatores humanos no desenvolvimento de interfaces para AVs (**usabilidade**) e desenvolver princípio para mensurar a qualidade de AVs (**avaliações**). Existem ainda outros trabalhos de taxonomia para interfaces de RV sugerindo opções eficientes para descrever VRUIs, mas com necessidade de muito detalhamento para sistemas mais complexos, considerando-se um conjunto mais amplo de escolhas para componentes de entrada e saída de dados, modalidades de representação, *renders* e funções abstratas, entre outros (COMMANS, 1997).

Os poucos trabalhos que abordam estudos de usabilidade em AVs apresentam metodologias de projeto centradas no usuário, avaliações sobre a atuação do usuário em interfaces 3D e técnicas de avaliação para ambientes imersivos (GABBARD; HIX, 1998; HIX et al., 1999; KAUR, 1998; STUART, 1996). Um dos trabalhos mais significativos sugere uma taxonomia de características de usabilidade de AVs (GABBARD, 1997). O autor apresenta uma metodologia estruturada e interativa para projeto de interação centrado no usuário. As pesquisas de Gabbard et al. (1999) sugerem também um processo de avaliação da interação do

usuário no AV que se concentra na aplicação de análises de tarefas do usuário, seguida por avaliação baseada em guias de recomendações, avaliação formativa¹³ centrada no usuário e, finalmente, uma avaliação acumulada de comparação. O processo de análise descrito em seu trabalho trata de identificar a análise de tarefas do usuário descrevendo interações para realização de tarefas, subtarefas e métodos necessários para utilização do sistema, além de identificar outros meios que o sistema oferece para a execução de tarefas. A metodologia é especialmente desenvolvida para aplicações de RV e comprova melhorias nos processos de interação, *layout* e conteúdo.

Kaur (1998) também se destaca com propostas de recomendações para projeto de interações de AVs e, como Gabbard, também sugere novas direções para seu trabalho. Uma de suas indicações refere-se à proposta de formas de avaliação, sugerindo técnicas heurísticas, questionários ou inspeções cognitivas, e ressaltando a necessidade de definição de problemas específicos de interações 3D (KAUR, 1998). Kaur (1998) desenvolveu uma teoria de interações para AVs incluindo três modelos de comportamento baseados no ciclo de ação definido por Norman (1990). O uso dessas teorias é considerado complexo pela autora, e uma versão demonstrativa (chamada de *guideline*) foi desenvolvida por ela e disponibilizada em documento HTML. No entanto, essa versão apresenta apenas 12 recomendações, que abrangem dois estágios de projeto (componentes e interações), em que são dadas apenas algumas explicações com relação a cada recomendação, incluindo: motivação, contexto de uso e dois exemplos. Essa lista restrita de recomendações é sugerida para o projeto de interações e não pode ser considerada uma ferramenta completa de auxílio para desenvolvedores, pois não proporciona uma verificação extensiva dos AVs.

Stuart (1996) apresenta uma relação extensa de diferentes técnicas que podem ser aplicadas na avaliação da usabilidade de AVs. A usabilidade, neste caso, pode ser estudada a partir de várias alternativas convencionadas pela área de IHC, embora Stuart sugira que nenhuma delas ainda teria sido utilizado com sucesso (até 1996). Por isso não considerou a heurística como uma técnica válida de avaliação em suas pesquisas, devido à pouca confiabilidade que ela apresentava na época. Stuart (1996) afirma ainda que é necessário compreender os fatores humanos relacionados aos AVs.

Ruddle et al. (2000) se apóiam em Wann (apud RUDDLE et al., 2000) para sustentar a idéia de que AVs devam ser desenvolvidos com projetos centrados nas capacidades perceptuais e motoras do usuário. Estabelecer metas do que é essencial, desejado e ótimo na

¹³ Mais informações sobre avaliação formativa no capítulo 2.3, página 60.

elaboração das tarefas ajuda a maximizar o ganho do usuário e a minimizar o processo de aprendizado para interagir com o sistema. Para eles, os fatores humanos não objetivam o estudo de aspectos visuais e cognitivos, mas processos naturais de interação em AVs. A avaliação de usabilidade de AVs deve levar em conta as capacidades da aplicação e sua facilidade de uso, salientando as seguintes áreas de importância:

- a) representação de componentes de saída de dados;
- b) características das tarefas a serem realizadas;
- c) características genéricas do modelo virtual;
- d) representação do usuário no AV (bem como seu comportamento);
- e) comportamento do usuário quanto ao modelo de navegação e interação; e
- f) interface e dispositivos de interação de entrada.

Kalawsky (2000) faz considerações a respeito do usuário e seu envolvimento em AVs imersivos. Ele apresenta um questionário para avaliar a presença (sentido perceptual de estar presente) utilizando uma variedade de interações inter-sensoriais relacionadas com a localização espacial, orientação e egocentricidade (localização). As métricas por ele apresentadas são medidas objetivas de performance: manipulação de objetos (modos: seleção, translação e rotação) e movimento egocêntrico, sempre considerando avaliações de fatores humanos. Os critérios de controle considerados são: baixa taxa de erros, estabilidade e atividade de controle. Com relação às medidas subjetivas de performance, são consideradas carga de tarefas, fontes de atenção, dificuldade da tarefa e compreensão.

As tarefas de interação

Oferecer subsídios que suportem as tarefas mais elementares do usuário dentro de um AV deve levar em conta aspectos de acesso à informação e possibilidades de visualização de dados de diferentes pontos de vista (MOHAGEG et al., 1996). Munir o usuário com elementos que indiquem sua posição ou oferecer opções de escolha por diferentes pontos de vista pode trazer satisfação ao usuário, que conseguirá controlar com mais facilidade sua navegação. O uso de *hyperlinks* (ou teletransporte) através de menus interativos é uma opção de navegação entre diferentes cenários virtuais e uma maneira de agregar informações de interesse semelhante. A desvantagem é a descontinuidade causada pelo uso constante dos *links*, levando o usuário a se perder (RUDDLE et al., 2000).

Mas interação em AVs não se resume à navegação. Seleção e manipulação de objetos são de igual importância, principalmente quando esses sistemas são imersivos e exigem a adoção de metáforas. Essa área representa grande parte das pesquisas sobre interação. A

diferença entre metáforas naturais (as que se aproximam dos procedimentos reais) e não naturais (procedimentos que precisam ser aprendidos pelo usuário) está associada à usabilidade das aplicações, que pode depender do uso de equipamentos específicos ainda desconhecidos pelo público em geral (ao contrário da popularização do uso do mouse como ferramenta de interação com a maioria dos sistemas bidimensionais).

Navegação pode ser o procedimento de maior preocupação entre pesquisadores da área. As pesquisas de Sayers et al. (2000) concluem que a navegação é parte central da usabilidade de interface de AVs em sistemas *desktop* (computador pessoal de mesa) e que controles de navegação são importantes para facilitar a tarefa de exploração em qualquer tipo de aplicação em AV. Foi verificado que a realização de tarefas básicas de navegação deve incluir suporte de velocidade como forma de alcançar usabilidade. Isso permite que o usuário não fique desorientado no AV, mesmo que a rapidez na velocidade de navegação indique ganho de tempo. Uma velocidade de navegação controlada contribui na administração de movimentos mais precisos. É importante observar também que a velocidade de navegação deve ser apropriada ao tamanho do cenário do AV e à quantidade de tarefas a serem realizadas.

Ainda a respeito da navegação, devem ser considerados os aspectos relacionados aos fatores humanos que colaboram para os sucessos ou insucessos da navegação, de acordo com a qualidade dos fatores ambientais (ambiente real de interação) e dispositivos envolvidos (podendo interferir no grau de imersão de uma aplicação – fios ou salas do tipo CAVE).

Lidar com o fato de que existem limitações nos modelos de interação (fraca participação de retorno tátil ou inexistência de olfato) deve ser considerado importante, pois é necessário identificar novos modelos ou meios que permitam ao usuário adaptar-se ou mesmo tolerar essas limitações. Diante da complexidade dos AVs, é previsível a dificuldade de criação ou desenvolvimento de modelos naturais de interação. Por isso destaca-se a importância de introduzir aspectos de usabilidade que requerem suporte de interação cuidadosamente projetado (KAUR, 1998). Esse suporte deve ser priorizado conforme o projeto, mas deve considerar que o procedimento de interação pode ser dependente da escolha do dispositivo.

Disponibilizar o controle da interação ao usuário é parte tão importante de um sistema de RV quanto é um monitor no uso de software 2D. A participação do usuário depende exclusivamente do seu controle, seja ele referente à navegação ou à manipulação de objetos virtuais. A usabilidade da interface de interação nos AVs dependerá da flexibilidade associada aos dispositivos e seus procedimentos de uso.

Projeto centrado no usuário

Gabbard et al. (1999) afirmam que tanto a prática de projeto centrado no usuário quanto avaliações de usabilidade ainda são de pouca expressão, além da existência pouco significativa de especialistas de avaliação para projetos de interação em AV e desenvolvimento desses softwares. Seu trabalho, embora apresente um importante método de avaliação, foi comprovado como um processo demorado e, principalmente, oneroso. Ambos, desenvolvedores de interação com o usuário e desenvolvedores de softwares, reclamam da ausência de especificação – ou, quando existente, fraca e incompleta – para análises de tarefas durante os procedimentos de desenvolvimento de interações com o usuário em AVs.

Nilsen (1993 apud GABBARD et al., 1999) recomenda de quatro a cinco profissionais para a elaboração de uma avaliação heurística de interfaces gráficas 2D. Mas pesquisas de avaliação de interações em AVs indicam que é necessário um número maior de profissionais devido à complexidade de interações (GABBARD et al., 1999). Esse fator contribui para um processo de espera mais longo por profissionais especialistas no mercado de trabalho. Quem acaba sendo prejudicado são os desenvolvedores de AVs, principalmente no cenário brasileiro, onde a cultura de uso de sistemas de avaliação formal não é muito praticada. O questionário aplicado para este trabalho mostra que mais da metade dos participantes não conhece técnicas formais de avaliação, mas se preocupam com a utilização do usuário no processo de avaliação.

2.3 Avaliação

O processo de avaliação representa a necessidade de se obterem respostas através de questionamentos estabelecidos. De forma mais específica, uma avaliação é um processo rigoroso, planejado e controlado, mas que, ao mesmo tempo, deve ser flexível o suficiente para se ajustar de acordo com as contingências. Inicialmente, as avaliações com o intuito de identificar características de usabilidade tinham por objetivo observar interações dos usuários com o produto finalizado em seu ambiente de trabalho para conferir a compreensão que os projetistas tiveram com relação aos requerimentos do usuário. Além disso, experimentavam-se propostas de maneira rápida e informal, prevendo sua possível aplicação no projeto. Posteriormente, a influência do processo de projeto mudou o enfoque da avaliação direcionando-o para a identificação de dificuldades que permitam ajustes finos, que vão ao encontro das necessidades do usuário, bem como melhoramentos que são disponibilizados na forma de atualização do produto de acordo com a engenharia de usabilidade (PREECE et al., 1994).

A avaliação serve tanto para o processo quanto para o produto e, normalmente, coloca o usuário como centro do processo, objetivando satisfazer seus desejos e identificar eventuais problemas que este possa experimentar no produto final. Um produto que atenda plenamente às necessidades de seus usuários, ou foi desenvolvido com preocupações de conhecer melhor seu usuário, ou teve muita sorte. Mas, mesmo que não tenha havido a preocupação de aplicação de um processo de avaliação durante o ciclo de vida do produto, ainda existe uma oportunidade de identificar os sucessos ou insucessos do produto finalizado.

2.3.1 Procedimentos para Escolha da Técnica

Para Preece et al. (1994, p. 596), “sempre é possível e necessário fazer algum tipo de avaliação”. Os diferentes tipos de avaliação devem ser escolhidos de acordo com o produto, necessidades e resultados esperados. Preece et al. (1994) oferecem algumas recomendações para a escolha de uma técnica de avaliação; entre elas estão identificações de aspectos como: 1) tipo de atividade (escolhidas pelo avaliador – que serão controladas – ou aquelas decididas pelo usuário); 2) o ambiente de estudo (laboratórios de avaliação ou o ambiente natural de trabalho); e 3) natureza do produto a ser avaliado (esboço, protótipo ou produto finalizado). Samuels (2001) ainda observa a necessidade de identificar as características do usuário do produto (idade, experiência, sexo, características físicas e psicológicas) como forma de direcionar as avaliações. Uma classificação bem definida dos grupos de usuários para o produto ajuda a identificar peculiaridades de uso e interação.

As diferenças entre avaliações não significa sua total independência. A escolha de uma entre diversas técnicas¹⁴ de avaliação deve considerar as necessidades de projeto, pois só assim serão identificados resultados de ajuste de acordo com as circunstâncias. Muitas vezes, podem ocorrer misturas e adaptações de um conjunto¹⁵ de técnicas disponíveis. Para isso é

¹⁴ Uma técnica de avaliação significa um processo em que são levados em conta a escolha dos requisitos de melhoramento do produto, aspectos financeiros para elaboração da avaliação, utilização de profissionais especialistas em avaliação, usuários-teste, entre outros aspectos.

¹⁵ Hix e Gabbard (2002) sugerem um sistema progressivo de avaliação composto de uma combinação de quatro técnicas de avaliação: Análise de Tarefa do Usuário, Avaliações através de Guias Especialistas de Recomendações, Avaliação Formativa de Usabilidade e Avaliação Somativa de Usabilidade. Os autores descrevem a proposta como eficiente, com uma relação entre custo e benefício estratégica para o projeto e avaliação, e com melhorias nas interações com o usuário associadas à engenharia de usabilidade. Esse sistema progressivo possui os seguintes pontos a seu favor: explora uma ordem natural de evolução do projeto de interação; a cada novo passo torna-se mais simples o início dos métodos subsequentes (o que não seria possível se aplicados isoladamente); a aplicação do conjunto de métodos cobre de maneira geral o projeto de interação revelando problemas específicos, cuja solução contribui para o desenvolvimento coletivo de um AV mais usável; e a produção de documentação estrutura o projeto de forma racional. Com relação aos pontos negativos, apontam-se desfavorável relação entre custo e benefício e fraca abrangência da engenharia de usabilidade aplicada aos AVs.

necessário determinar escalas de medições, formalidades e técnicas, as quais, de acordo com Preece et al. (1994), podem depender de:

- a) tipo de informação requerida;
- b) natureza do sistema ou especificação que está sendo avaliado;
- c) estágio do ciclo de vida que está sendo avaliado;
- d) se é ou não necessária validação estatística (um experimento formal ou pesquisa em grande escala requer esse tipo de validação); e
- e) recursos disponíveis.

Mas tão importante quanto definir variáveis de avaliação é identificar a(s) etapa(s) em que será(ão) realizado(s) o(s) procedimento(s) de avaliação. Isso ajuda na indicação da escolha de técnicas adequadas a cada etapa do ciclo de vida do produto.

2.3.2 O Ciclo de Vida do Produto

Para Shackel (1994), uma avaliação deve oferecer aos projetistas subsídios que indiquem o cumprimento dos requisitos definidos em projeto. Sua proposta vai ao encontro dos processos relativos ao **ciclo de vida** sugeridos por Hix e Hartson (1993)¹⁶ para o desenvolvimento de projetos. Esse processo oferece uma grande quantidade de subsídios de avaliação para uma identificação continuada de problemas de interação (PREECE et al., 1994). Dessa maneira, cria-se um suporte para todo o processo de projeto, que apontará o cumprimento ou não de condições previamente designadas.

Quando as tarefas de avaliação ocorrem em paralelo com o desenvolvimento do produto, os projetistas são auxiliados, ou mesmo orientados, nos serviços de melhoria do produto. Por exemplo, não raro, projetistas precisam de respostas quanto às suas tomadas de decisão, e essas respostas devem indicar se as necessidades e desejos do usuário estão sendo contemplados (PREECE et al., 1994). Com isso, diferentes tipos de avaliações podem ser realizadas ao longo do ciclo de vida do projeto. Uma avaliação informal pode ser suficiente para o estágio inicial do projeto, enquanto os estágios mais avançados do processo devem exigir avaliações mais formais e planejadas. A avaliação do produto finalizado ocorre quando se necessita de um julgamento global referente ao cumprimento de requisitos de funcionalidade do produto.

¹⁶ Trata-se de um método de avaliação contínua e repetitiva que coloca o usuário no centro do processo de interação. Esse modelo não necessita especificação completa dos requisitos no início do projeto do sistema, o que permite o uso de um protótipo rápido do sistema, com previsão de melhoramento progressivo ao detectar novos requisitos de modificações.

Três grandes grupos de avaliação, com procedimentos específicos para cada estágio do produto ou serviço, podem ser identificados. Esses estágios correspondem à avaliação 1) do projeto, 2) do processo de implementação do produto ou 3) do produto devidamente finalizado. As designações para cada grupo de avaliação correspondente a esses estágios são: **prognóstico (projeto)**, **formativa (processo)** e **somativa¹⁷ (produto)**. O Quadro 3 apresenta um resumo dos grupos e técnicas de avaliação.

	Prognóstico	Formativa	Somativa
Etapas de aplicação	Início do projeto do produto	Processo de implementação do produto	Produto finalizado ou etapas finalizadas
Funções	Orientar, explorar, identificar, adaptar, prever	Regular, situar, compreender, harmonizar, tranquilizar, apoiar, reforçar, corrigir, facilitar, dialogar	Verificar, classificar, situar, informar, certificar, pôr à prova
Descrição de objetivos	Busca de pré-requisitos para suportar as especificações de projeto do produto	Busca de estratégias de soluções para problemas e dificuldades encontrados nas avaliações realizadas nesta etapa	Observação do comportamento do produto para ver se ele atende às especificações sugeridas no início do projeto e as verificações ao longo do processo. Verificação da eficácia do produto
Grupo de técnicas que podem ser utilizadas	Preditiva Analítica	Analítica Empírica	Prospectiva Analítica Empírica

Quadro 3 - Etapas de avaliação com interesse no ciclo de vida do produto

A **Avaliação de Prognóstico** tem por finalidade diagnosticar necessidades de usuários e capacidades de uso de um sistema com objetivos de elaborar um projeto que atenda às necessidades identificadas na avaliação. Objetiva também estabelecer seqüências de trabalho adaptadas às necessidades identificadas. O diagnóstico deve prever, além de necessidades, os interesses dos usuários por meio de verificação de pré-requisitos, deve detectar dificuldades e propor soluções. Esse processo é realizado no início do projeto de um produto e conta com técnicas preditivas e analíticas.

A **Avaliação Formativa** é centrada no usuário e caracteriza-se por ser um método empírico de observação que pode assegurar a usabilidade de sistemas de forma interativa. O usuário é incluído desde o processo inicial de avaliação e permanece presente durante a seqüência do desenvolvimento do produto. O processo tem por objetivo encontrar, refinar e melhorar a interação com o usuário (HIX; GABBARD, 2002), além de oferecer subsídios de melhoria para o projeto através de quantificação (GABBARD, 1999). Em uma avaliação

¹⁷ Na literatura é também encontrado sob a denominação “sumativo” (CYBIS, 2000).

formativa, dois tipos de dados são coletados ao longo de um processo linear de tarefas: **dados qualitativos** (geralmente indicam que ocorreu um problema) e **dados quantitativos** (indicam onde, e até porque, o erro ocorreu) (ver Apêndice C, item 2, p. 152). Avaliação formativa de usabilidade é um método de observação que assegura usabilidade para o sistema interativo através da inclusão prévia e contínua do usuário no processo de desenvolvimento do projeto de interface com o usuário (HIX; GABBARD, 2002). O método pode exigir um sólido conhecimento de IHC e especialistas em usabilidade. No cenário de tarefas do usuário, na avaliação formativa,

- a) usuários representativos utilizam o sistema desenvolvendo as tarefas, enquanto avaliadores coletam dados;
- b) os dados são analisados para identificação de componentes de interação ou características que suportam ou depreciam a performance do usuário. Esses dados resultam em observações; e
- c) observações são utilizadas para sugerir mudanças de projeto, um cenário de avaliação formativa e observações de re-projeto.

Estudos interativos de usabilidade e testes de aceitação são apropriados durante os processos de desenvolvimento. Estando o sistema pronto, são recomendados procedimentos de pesquisa, entrevistas e testes controlados (empíricos) para novas tomadas de decisão (SHNEIDERMAN, 1998). Esse procedimento utiliza-se de avaliações somativas (SANTOS, 2002).

A **avaliação somativa** busca julgamentos sobre o produto com resultados obtidos mediante testes. Essa avaliação normalmente acontece quando o produto está finalizado ou em vias de ser finalizado. Um dos propósitos é o de comparar estatisticamente diferentes sistemas concluídos (referentes ao mesmo projeto), em que são determinadas as melhores opções de lançamento do produto de acordo com pontuação previamente determinada. Esse tipo de avaliação pode ser utilizada para a coleta de dados qualitativos e quantitativos. Mensurar, comparar produtividade e também a relação entre custo e benefício associada ao projeto também faz parte da lista de tarefas. Entre as diferentes **formas de avaliação** para esse processo, Hix e Gabbard (2002) destacam como mais comuns: a) comparativa, b) experimentação de campo (*field trial*) e c) revisão profissional.

A avaliação somativa em projetos de interações de AVs se mostra eficaz na análise das fraquezas e dos pontos fortes de AVs (HIX; GABBARD, 2002). Hix e Gabbard (2002) compararam aspectos de qualidade entre dois ou mais projetos de interação com o usuário baseando-se em uma lista de questões relativas ao processo de avaliação utilizado.

Comparativamente, os resultados mostram que, enquanto o processo formativo identifica problemas de interação, o processo somativo explora alternativas de solução. Para saber mais sobre os elementos de uma avaliação, consultar o Apêndice C (item 2, p. 152), que apresenta também uma descrição sobre dados (qualitativos e quantitativos) e métricas.

2.3.3 Técnicas de Avaliação

Considerando que este trabalho de pesquisa objetiva a avaliação do produto finalizado, são apresentadas apenas técnicas que se enquadram no processo somativo de avaliação aplicado de maneira pontual ao final de etapas, ciclos ou processos de desenvolvimento ou implementação do produto. Essa aplicação pode ser realizada através de um processo acumulativo, resultando em um balanço final que leva em consideração os resultados parciais das avaliações intermediárias, objetivando determinar o alcance das intenções previamente estabelecidas. Esse processo pode ser aplicado para identificar a satisfação do produto em relação ao usuário.

Em um processo formal de avaliação são utilizados de três a dez usuários representativos para cada tipo de interação. Entretanto, o planejamento e a preparação de um teste de avaliação exigem a criação de uma lista de características específicas do usuário e níveis de habilidade que deverão ser incluídos no teste. Esse procedimento indicará o número total de usuários a serem testados, número relativo de características e níveis de habilidade a serem incluídos no teste (MAYHEW, 1999). Os enfoques de investigação podem, por exemplo, dizer respeito a aspectos de usabilidade como a) fácil de aprender ou b) fácil de usar, estabelecidos de acordo com a característica da tarefa.

Ainda, além da influência dos custos e expectativas de resultados, a escolha de uma técnica de avaliação deve levar em conta sua capacidade na identificação de problemas em relação a tipo e quantidade, sistematização de resultados, facilidade de aplicação e convencimento para possíveis execuções de mudanças. Com relação à facilidade de aplicação, Cybis (2000, p. 94) refere-se à “qualidade da técnica de não exigir formação ou competências específicas para sua realização”, instanciando inspeções e *checklists* como ferramentas de fácil aplicação.

Preece et al.(1994) apresentam uma classificação de técnicas divididas por categorias de avaliação que se baseiam em modelos de coleta de dados. Entre elas, encontram-se observação e monitoramento de interações pelos usuários¹⁸, coleta de opinião de usuários¹⁹,

¹⁸ Busca entender como usuários interagem de maneira natural. Os dados podem ser coletados por meio de observações (anotações ou algum tipo de registro de dados).

testes de experimentação²⁰, avaliação interpretativa²¹ e avaliações analíticas²² (preditiva ou prognóstico).

Cybis (2000), no entanto, apresenta apenas três grupos de categorias com técnica de avaliação, e muitas delas já se mostraram apropriadas na identificação de aspectos de usabilidade, conforme outras pesquisas (HIX; GABBARD, 2002; KAUR, 1998). Essa classificação simplificada evidencia técnicas de avaliação para estudos ergonômicos de interfaces respeitando procedimentos tradicionais utilizados em avaliações de usabilidade. Optou-se, então, por adotar a classificação sugerida por Cybis (2000), pois representa uma síntese de todas as técnicas divididas em grupos de técnicas **prospectivas**, **preditivas** ou **analíticas** e **objetivas** ou **empíricas**, as quais são detalhadas nas seções a seguir. Outras técnicas aplicadas a processos somativos podem ser encontradas no Apêndice C (item 3, p. 154).

2.3.3.1 Técnicas Prospectivas

O usuário, visto como o mais indicado para a realização dessa técnica de avaliação, exalta seu grau de satisfação pelo uso do sistema, utilizando para isso questionários e entrevistas. O usuário poderá identificar, como ninguém, os defeitos e qualidades relacionados aos objetivos de suas tarefas, para que haja encaminhamento de propostas de revisão do projeto. Essa técnica caracteriza-se pelo envio de questionários de satisfação ou entrevistas, normalmente disponibilizados por empresas como parte de sua estratégia de qualidade (CYBIS, 2000). O usuário é tratado como a pessoa mais indicada para expor defeitos e qualidades que possam orientar revisões de projeto, e sua satisfação é mensurada com relação às suas interações com o sistema.

Os questionários devem prever a inclusão de opiniões do usuário relativas à sua satisfação ou insatisfação em relação ao sistema e suas interações. Esse procedimento, no entanto, possui um índice de devolução reduzida (30%). Por isso, recomenda-se o uso de questionamentos simples e práticos, e oportunidades para que o usuário ofereça sugestões.

¹⁹ Coleta de material que corresponda às atitudes do usuário, partindo do ponto de vista do usuário. São utilizados questionários e entrevistas.

²⁰ Normalmente elaborados em laboratórios, podem ser utilizados questionários ou entrevistas, com a diferença de exigirem mais rigor e controle na avaliação, pois os dados serão analisados quantitativamente para produzirem métricas para guiar o projeto.

²¹ Processo informal de avaliação que interpreta ocorrências naturais de interação, fazendo o máximo para não atrapalhar os procedimentos de interação do usuário.

²² Trata-se de um processo em que avaliadores deverão prever tipos de problemas que eventualmente usuários poderão experimentar com o uso do sistema. Isso implica a não-participação de usuários nos procedimentos de avaliação. O prognóstico de problemas pode ser feito empregando-se uma técnica de modelagem psicológica (*keystroke analysis*) ou utilizando-se especialistas.

Esse tipo de técnica pode ser utilizado em conjunto com outras técnicas (com avaliações analíticas, por exemplo), o que aumenta o grau de efetividade da avaliação (CYBIS, 2000). Enquadra-se no processo somativo de avaliação.

Questionários

A aplicação de um questionário é precedida pela clarificação de objetivos a serem alcançados, requisito este necessário para que haja uma formulação correta de questões. Dessa maneira, é possível obter resultados mais confiáveis, que são baseados nas respostas e reações do usuário. A restrição dessa ferramenta concentra-se exatamente na imprecisão de respostas decorrentes de questões subjetivas e mal formuladas, como, por exemplo, auto-análise ou um dado de frequência. Os questionários não são adequados aos procedimentos de avaliação para testes de usabilidade, pois esse procedimento é direcionado conforme o grau de satisfação do usuário, e por isso as perguntas do questionário devem ser direcionadas ao caso concreto em avaliação.

Existem três tipos de questionários. O primeiro refere-se a dados em torno de *fatos* que buscam respostas para questões inconvenientes, mas que não podem ser substituídas (idade, há quantos anos utiliza determinado produto, quantas vezes seu programa travou, etc.). O uso desse tipo de pergunta pode causar inconsistência nos resultados e, por isso, sugere-se empenho na realização das questões, para que elas assegurem respostas acuradas e com pequenos índices de imparcialidade. O segundo refere-se a dados em torno de *opiniões* , o que faz com que não existam acertos ou erros nas respostas. As perguntas podem ser: a) Você gosta ou não? ou b) Qual você prefere? É uma maneira de identificar a popularidade do objeto de avaliação. O terceiro refere-se a questões de *atitudes* tomadas pelos usuários com relação ao uso de um determinado produto. Na área de IHC esses questionários são normalmente chamados de *questionários de satisfação* (KIRAKOWSKI, 2003) e os pontos fortes relacionados ao uso desse método são descritos por Kirakowski (2003):

- a) se o questionário for confiável, oferecerá uma amostra segura de respostas sob o ponto de vista do usuário;
- b) independe de sistemas, usuários ou realização de tarefas;
- c) aplicação normalmente rápida e de ótima relação entre custo e benefício, tanto do ponto de vista de aplicação quanto do ponto de vista de análise; e
- d) pode ser utilizado no processo de comparação ou demonstração que utilize objetivos quantitativos em usabilidade.

Além disso, obter dados quantitativos dos atributos do usuário é simples de ser feito e agradável de ser analisado. Mas se o objetivo da investigação for analisar amplamente a usabilidade de uma parte do sistema, isso implica que a coleta de dados subjetivos deverá ser melhorada em performance, esforço mental e dados mais eficazes, o que significa incrementar as questões com “porquês”, por exemplo. Portanto, entre os pontos fracos, encontram-se os resultados provenientes apenas da perspectiva do usuário, inadequado na medição de frequências ou ocorrências, e não oferece detalhes de como se comporta a aplicação ao longo do teste. Para finalizar, questionários de usabilidade normalmente oferecem medidas globais (e não analíticas²³) da usabilidade do sistema, não proporcionando informações sobre quais aspectos do sistema são responsáveis por determinar aspectos positivos e negativos da avaliação (HCIRN²⁴).

A presença de questionários na área de RV pode ser exemplificada pelo trabalho de Witmer e Singer (1998) com 75 questões com base em questionários previamente publicados incluindo apenas novos aspectos que envolvem variáveis tecnológicas e contextuais. Este questionário avalia a presença do usuário de um sistema de RV julgando sua experiência no AV utilizando quatro fatores de abordagens com escalas de 1-7: controle (quanto controle o usuário experimentou durante a interação), sentido (qualidade e consistência do *display* como monitor, óculos, capacete, CAVE), distração (grau de distração causado por objetos e eventos no mundo real) e realismo (grau de realismo que o sistema ofereceu). Esses fatores são considerados por Slater (1999) como tendo sido definidos de forma subjetiva, oferecendo questões que extraem apenas opiniões dos usuários-teste, além de algumas questões não se referirem à presença do usuário no sistema. O motivo dessas críticas é ressaltar a diferença com relação à sua proposta. Um questionário desenvolvido por Slater et al. (1994), com base em questões que tratam da presença investiga a sensação de estar presente, sentir-se em um ambiente real e compreender a experiência de forma a recordar-se de um lugar em vez de um conjunto de imagens. Outra iniciativa por Kalawsky (1998a, 1998b), oferece uma lista de 100 questões relativas à usabilidade de sistemas de RV, as quais são distribuídas em dez partes que tratam sobre funcionalidade, entrada de dados, *display*, ajuda de orientação para o usuário, consistência, flexibilidade, fidelidade da simulação, correção de erros (operacionalidade e robustez), presença e usabilidade geral do sistema. Esse questionário se

²³ Alguns autores se referem aos termos *formativo* e *somativo*, respectivamente, o que não é adotado pelo HCIRN por questões de interpretação.

²⁴ Human-Computer Interaction Resource Network, Usability Questionnaires, Disponível em: <http://www.hcirn.com/atoz/atozu/usaques.php>.

apresenta como parte de uma estrutura de avaliação mais elaborada. Questionário é uma das formas mais encontradas para avaliação da presença em SRVs.

2.3.3.2 Técnicas Analíticas ou Preditivas

Nas técnicas analíticas ou preditivas, não se exige a participação efetiva do usuário, pois se baseiam em verificações e inspeções de versões intermediárias ou finalizadas que podem ser realizadas por especialistas em avaliação de usabilidade ou pelos próprios projetistas. Sua aplicação consiste de uma análise hierárquica da estrutura da tarefa avaliada utilizando-se processos de verificação heurística (presença de profissionais), *checklists* (dependem apenas do conhecimento da ferramenta de inspeção, dispensando a presença de profissionais) e cognitivos (concentram-se nos resultados cognitivos do usuário que realiza sua primeira participação de interação com o sistema).

Enquadra-se tanto no processo formativo de avaliação quanto no somativo, ou seja, a técnica pode ser aplicada tanto no processo quanto no produto finalizado. Utiliza verificações (métricas internas) e inspeções (métricas externas) cuja análise consiste da decomposição e organização hierárquica da estrutura da tarefa interativa, para verificação posterior. As verificações são conhecidas como avaliações heurísticas e dependem da presença de profissionais experientes, que executam as tarefas na busca de possíveis problemas de interação entre homem e computador. Já as inspeções dispensam a presença do profissional experiente, pois dependem apenas do conhecimento agregado à ferramenta de inspeção, como, por exemplo, *checklists* e inspeções cognitivas (CYBIS, 2000).

Análise da Tarefas

Prevê procedimentos para modelagem de tarefas que conta com os métodos GOMS (*Goals, Operator, Methods and Selection Rules* - um processo preditivo de avaliação que consiste em prognosticar como o usuário realizará uma tarefa e como será a performance dele), KLM (*Keystroke Level Model* - um método também baseado em GOMS, que permite ser aplicado na análise da interface com o usuário antes da implementação do sistema, objetivando a redução de modificações e evitando custos extras) e HTA (*Hierarchical Task Analysis*) (PATERNO, 2000). Esse procedimento é utilizado como ajuda para estruturar seqüências de tarefas, além de oferecer novas propostas de tarefas. Sua aplicação é feita nas primeiras etapas da concepção de interfaces entre ser humano e computador, levando em conta a avaliação da descrição da organização das tarefas interativas e verificando questões de consistência, carga de trabalho e controle do usuário sobre diálogos propostos. A análise de

tarefas neste ponto pode oferecer subsídios para a realização de modificações no projeto de interface com o usuário, mesmo que ela ainda não tenha sido desenhada (CYBIS, 2000).

Avaliação Heurística

A técnica de avaliação heurística é um meio de transformar problemas complexos em julgamentos mais simples utilizando-se ferramentas apropriadas. Essas ferramentas ajudam na tomada de decisões através de informações processadas com a ajuda de atalhos mentais. Não é centrada no usuário, pois não envolve a representação de usuários finais nas tarefas de avaliação. Podem ser encontradas quatro categorias de julgamento que classificam as heurísticas (BAZERMAN, 2001):

- a) **Representativa**: estratégia de julgamento para a adequação da representação de algo que foi baseado em regras previamente definidas. A heurística representativa veicula a probabilidade de ocorrências utilizando analogia e identificando situações semelhantes que não apresentam a mesma característica, funcionando por comparação pela similaridade com outros eventos parecidos. Em resumo, ela traça analogias e percebe características atípicas em situações semelhantes. A representação heurística baseia-se em taxa de informação, sendo muito influenciada por testemunhos e ignorando fatos estatísticos;
- b) **Disponibilidade**: faz com que a pessoa participe de uma tomada de decisão com base em informações disponíveis (e.g. recomendações). Refere-se à capacidade do ser humano de lembrar de informações adquiridas que servirão de subsídio para novas inferências. Essas informações (valores, pontos de vista, hábitos), mesmo que não representem a realidade, servirão de referência para a criação de opiniões;
- c) **Ancoragem**: julgamentos que partem de um ponto inicial (de ancoragem) resultando em informações ambíguas. Um uso muito comum refere-se ao julgamento que se faz de outras pessoas com base na própria pessoa; e
- d) **Simulação**: o usuário cria expectativas para logo após distorcer sua percepção. “O que teria acontecido se a atitude tomada tivesse sido outra?” (KAHNEMAN; TVERSKY, 1982).

Do ponto de vista da ergonomia aplicada a testes de usabilidade, Cybis (2000) conceitua a avaliação heurística pelo julgamento de valores relacionados às qualidades ergonômicas da interface entre ser humano e computador. Essa avaliação é realizada por especialistas que se baseiam em suas experiências para examinar o sistema interativo e diagnosticar problemas ou barreiras que os usuários possam experimentar durante os

procedimentos de interação. Cybis (2000) evidencia o fato de que pesquisas apontam para a necessidade de padronização de análises que garantam uma média de desempenho individual superior para os analistas de avaliação heurística. Para tanto, são sugeridos conjuntos de critérios e de recomendações, modelo de níveis de abstração e modelo de componentes de interfaces.

O procedimento da atividade de avaliação é iniciado pela análise do contexto da avaliação (o responsável pela avaliação verifica recursos disponíveis e objetivos da avaliação). Em seguida, baseado no passo inicial de análise, é alocado um determinado número de avaliadores que trabalharão em paralelo. Independentemente da presença de usuários reais, podem ser utilizados questionários e entrevistas para coletar informações sobre perfil e tarefa do usuário e o modo como ele utiliza o software. Essa técnica de avaliação dependerá, portanto, da estratégia escolhida para avaliação, que dependerá, por sua vez, do avaliador, do tipo de software, do tipo de interface, etc. O final do processo destina-se à redação dos relatórios de avaliação, que registrarão os problemas identificados e as propostas de soluções sugeridas.

Em 1990, Nielsen e Molich desenvolveram uma proposta de avaliação com base em um método de engenharia de usabilidade para Internet utilizando heurísticas. Mais à frente, Nielsen analisaria um conjunto de problemas de usabilidade (NIELSEN, 1994a) prevendo como resultado a geração de um grupo limitado de heurísticas, mas com capacidade suficiente de identificação de problemas de usabilidade (NIELSEN, 1994b).

Os pontos fortes dessa técnica são a rapidez na produção de resultados de qualidade e a possibilidade de diagnosticar um número relevante (em quantidade e importância) de problemas. Os pontos fracos são:

- a) os problemas diagnosticados, que podem ser subjetivos, o que exige um número razoável de especialistas para sua identificação;
- b) os pontos de vista são particulares a cada indivíduo, o que resulta em grandes diferenças entre os resultados das avaliações individuais, evidenciando ainda o caráter subjetivo em cada avaliação individual. Inspeções heurísticas são unicamente baseadas em opiniões (PERFETTI, 2003); e
- c) dependência direta da carga de conhecimento e experiência do avaliador profissional, bem como do tipo de estratégia utilizada para avaliação.

Ao ser questionado, Molich (PERFETTI, 2003) alega a não-utilização de heurística em testes de avaliação, o que levanta dúvida e subjetividade quanto às opiniões e previsões de avaliadores experientes por meio de uma simples pergunta que enfraquece a validade do

processo: “Por que suas opiniões são melhores que as minhas?”. Isso conclui que testes heurísticos que se apóiam no conhecimento do avaliador podem produzir resultados inconsistentes de avaliador para avaliador.

Inspeções por *Checklists*

Esse método é conhecido por ser baseado em conhecimento ou inspeção, os quais vêm sendo transferidos para as empresas por meio de normas e *checklists* (CYBIS et al., 2002b). O *checklist* permite o diagnóstico de problemas gerais e repetitivos nas interfaces por meio de inspeções de vistorias realizadas por profissionais do tipo programador e analista (não necessariamente especialistas em avaliação). Isso significa que essa técnica depende apenas de que o inspetor conheça a ferramenta para que os resultados sejam garantidos. A qualidade do *checklist* também pode contribuir para a uniformidade e abrangência dos resultados. Portanto, sua elaboração deve ser rigorosa na organização do conteúdo e na elaboração das questões que identifiquem problemas de usabilidade, pois se trata de questões que serão utilizadas no diagnóstico de vários projetos. É recomendado que as questões do *checklist* sejam acompanhadas de notas explicativas, exemplos e glossários que esclareçam possíveis dúvidas. O resultado gerado a partir de um *checklist* depende da qualidade das listas de verificação, devendo evitar questões subjetivas, conteúdos incompletos e desorganização. Isso impediria o uso da ferramenta por profissionais não especialistas.

O *checklist* (ou verificador) utiliza-se de orientações compiladas por várias pesquisas e aponta aspectos específicos, como, por exemplo, construção de caixas de diálogos, menus, ou quanto à utilização de botões ou rotulações (MOÇO, 1996). Mas mesmo que para Moço (1996) essa técnica lembre um guia de recomendações para a construção de interfaces, a ferramenta de *checklist* pode identificar um grande número de problemas pequenos e repetitivos de usabilidade (CYBIS, 2000). Por isso, Cybis (2002a) recomenda o uso de normas internacionais de usabilidade, que representam o instrumento de inspeção de melhor definição.

Um modelo de *checklist* desenvolvido por Pieratti (1995), baseado nas heurísticas de Nielsen (1994b), é utilizado no desenvolvimento de aplicações centradas no usuário e atende avaliações de produtos de software ou *websites*. Apesar de possuir um grande número de informações, a ferramenta é considerada extensa (possivelmente por se tratar de um produto da Xerox, o que a torna uma ferramenta exaustiva nas notações de interface com o usuário). Outro modelo de *checklist* que atende muito bem aos propósitos de avaliação da qualidade ergonômica da interface com o usuário de seu sistema foi desenvolvido pelo LabIUtil, da

UFSC. Além do *checklist*, é oferecido também um módulo de recomendações, que se caracteriza pela combinação de técnicas e que ganha o nome de ErgoList²⁵. O *checklist* apresenta algumas potencialidades que são apresentadas a seguir, na íntegra (CYBIS, 2000):

- a) *possibilidade de ser realizada por projetistas, não exigindo especialistas em interfaces entre ser humano e computador, que são profissionais mais escassos no mercado. Esta característica deve-se ao fato de o conhecimento ergonômico estar embutido no próprio checklist;*
- b) *sistematização da avaliação, que garante resultados mais estáveis, mesmo quando aplicada separadamente por diferentes avaliadores, pois as questões/recomendações constantes no checklist sempre serão efetivamente verificadas;*
- c) *facilidade na identificação de problemas de usabilidade, devido à especificidade das questões do checklist;*
- d) *aumento da eficácia de uma avaliação, devido à redução da subjetividade, normalmente associada a processos de avaliação; e*
- e) *redução de custo da avaliação, pois é um método de aplicação rápida.*

Os pontos fracos se concentram no fato de a técnica não medir performance, a menos que os questionários sejam extensos e precisos, e na irrelevância de algumas questões e inexistência de outras, o que pode comprometer resultados consistentes (STANTON; YOUNG, 1998).

Inspeção Cognitiva

Representa uma técnica de avaliação que, como o nome sugere, trata da verificação de processos cognitivos das tarefas do usuário enquanto são realizadas as tarefas de primeira utilização do sistema. A técnica, também chamada de revisão, é realizada por especialistas que constroem cenários de tarefas a partir das especificações ou protótipos para que, em seguida, possam atuar como usuários dentro de uma interface imaginária por eles sugerida. Refere-se a um trabalho de reconhecimento da interface em que o especialista toma o lugar do usuário durante a realização de cada tarefa descrita. O avaliador deverá buscar dificuldades ou bloqueios de interação, os quais deverão ser simplificados ou corrigidos. O objetivo dessa técnica consiste também em avaliar a facilidade de uso no processo de interação por meio de um avaliador especialista no processo cognitivo do usuário. O avaliador analisa aspectos do usuário como conhecimento da tarefa, familiarização com sistemas informatizados, caminhos

²⁵ <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist>

escolhidos para explorar o sistema e executar as tarefas. Jeffries et al. (1991) comparam de maneira genérica o desempenho do processo de inspeção cognitiva com o uso de *guidelines*. Ambos os procedimentos se mostraram eficientes em identificar problemas de usabilidade quando utilizados por engenheiros de software, ou seja, na ausência de especialistas de interface.

Os pontos fortes desse método são a facilidade encontrada para definir objetivos do usuário, assumindo-os e praticando-os, e sua utilização por desenvolvedores de software (JEFFRIES et al., 1991). Entre os pontos fracos, destacam-se a exigência de uma metodologia de definição de tarefas, o tédio referente à utilização da aplicação e a não-identificação de problemas gerais recorrentes (JEFFRIES et al., 1991).

2.3.3.3 Técnicas Objetivas ou Empíricas

Nesta técnica o usuário tem participação ativa por meio de sessões onde avaliadores observam os procedimentos de interação realizados pelo usuário, tendo como exemplo a técnica de ensaios de interação. As técnicas empíricas, que contam com a participação direta de usuários, referem-se basicamente aos ensaios de interação e às sessões com sistemas de monitoramento (espões). Para Stuart (1996, p. 195), essa forma de avaliação representa a abordagem mais confiável para avaliar usabilidade em AVs.

Ensaio de Interação

Ensaio de interação referem-se a simulações de uma situação de trabalho que valida empiricamente os procedimentos de interação do usuário. Isso ocorre através de observações diretas e tem por meta revelar problemas ligados à utilização real do sistema, obtendo dados objetivos sobre a produtividade na interação. As simulações são realizadas em campo ou em laboratório. A análise e interpretação de dados é feita por meio da comprovação de hipóteses (geradas pelo especialista), que se fundamentam em problemas verificados através de métricas. Os usuários devem realizar tarefas típicas de suas atividades utilizando a versão pretendida do sistema em teste. Ao avaliador é dada a tarefa de reconhecimento detalhado do usuário-alvo e das tarefas que compõem os cenários e roteiros que serão aplicados durante a realização dos testes.

Existe uma diferença entre análise da atividade, em que o analista identifica a execução das atividades do usuário em tempo real, e os ensaios de interação, e que o analista procura por possíveis problemas que a interação possa causar ao usuário e à organização de seu trabalho (MOÇO, 1996). Nos ensaios de interação são utilizados aspectos cognitivos que

podem dificultar o diagnóstico de problemas, além do risco de possíveis interferências nos resultados finais. Moço (1996) sugere ainda uma proximidade muito grande entre ensaios de interação e testes de usabilidade, afirmando que ambos servem para a possível validação de hipóteses de mau funcionamento de determinadas funções quando utilizadas numa situação real de trabalho. Um aspecto negativo quanto ao uso de ensaios está no constrangimento (e outras questões éticas) causado ao usuário, que é monitorado pelo avaliador enquanto realiza as tarefas de interação.

Sistemas de Monitoramento

A observação direta do usuário pode ser realizada por meio de sistemas de monitoramento, também chamados de espões. São, na verdade, programas inseridos no computador do usuário com o objetivo de capturar e registrar todos os aspectos de interação realizada pelo usuário enquanto este interage com o sistema. Permite ser aplicada no ambiente real de trabalho e, mesmo estando o usuário ciente de sua aplicação, a técnica supera questões de monitoramento direto (usuário observado por um especialista), o que normalmente causa constrangimento e ainda afeta os resultados da avaliação. Alguns de seus pontos negativos são:

- a) inibe a participação incentivada do usuário, não permitindo a coleta de dados verbalizados (BARROS, 2003);
- b) falta portabilidade à ferramenta diante da diversidade de ambientes de programação existentes; e
- c) pode gerar grande quantidade de dados, o que exige planejamento para aplicação da técnica, de modo a facilitar futuras análises (BARROS, 2003).

2.3.4 Avaliação de SRV no Brasil

Com a aplicação de um questionário (Apêndice D, p. 156) entre desenvolvedores de SRVs brasileiros, foi possível identificar que a maioria não conhece ou apenas ouviu falar de alguma técnica especial para SRVs (57%) (Figura 11). Entre aqueles que conhecem (23%) ou que já ouviram falar (20%) de alguma forma de avaliação específica, são citados como exemplo testes diversos com usuários (avaliação do nível de presença do usuário, entrevistas com os usuários finais, estudo de Interação entre Homem e Máquina – IHM já utilizados e provas de conceito), ferramenta MAUVE²⁶, GOMS²⁷, avaliação heurística, percurso

²⁶ *Multi-Attribute Usability Evaluation Tool for Virtual Environments* trata-se de um processo baseado em listas de questionamento utilizadas por um avaliador que realiza o processo de avaliação de forma heurística. O

cognitivo, teste de utilizabilidade de Nielsen, conhecimento sobre teorias difundidas em artigos das áreas (qualidade de visão, nível de interação, etc.). Esse resultado demonstra que, apesar de serem apresentadas técnicas conhecidas, elas não são consolidadas (afirmação de um dos entrevistados) ou diretamente aplicáveis para SRVs.

Na identificação das etapas nas quais são utilizados processos de avaliação, verificou-se um destaque de uso para a Etapa Formativa (45%), onde são elaboradas avaliações ao longo do processo ou implementação do produto identificando problemas para corrigi-los antes da finalização dele. Em segundo lugar, com 30%, ficou a Etapa de Prognóstico, seguida da Etapa Somativa (25%).

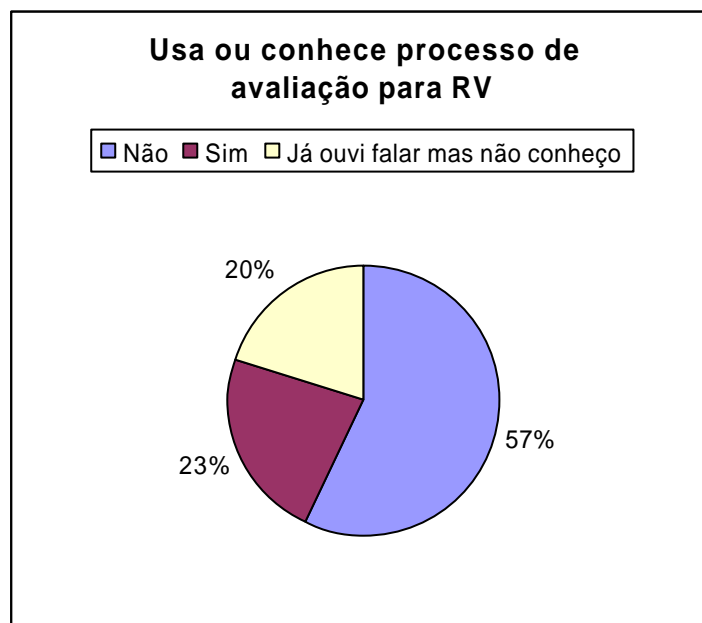


Figura 11 - Conhecimento e uso de processos de avaliação de SRVs

A identificação de técnicas de avaliação utilizadas mostrou que **técnicas empíricas** (baseadas na observação do usuário por meio de ensaios de interação ou sistemas de monitoramento, com participação ativa do usuário) perfazem 50% das utilizadas. O segundo conjunto de técnicas foram as **analíticas** (28%), com procedimentos de verificação por *checklists* (11%), análise de tarefas (22%), avaliação heurística (28%) e passeios cognitivos (39%).

processo incorpora referências de projeto organizadas com base em diversas categorias de AVs, tais como navegação e entrada e saída de dados (STANNEY et al., 2003).

²⁷ *Goals, Operators, Methods and Selection Rules*. Avaliação heurística que não emprega usuários na realização do procedimento de avaliação e baseia-se em modelos de performance. O conceito está ligado a um conhecimento procedural necessário para operar o sistema buscando os objetivos do usuário, com base em ações ou operadores, através de métodos que representam seqüência de ações, e regras de seleção que determinam qual método deve ser aplicado para se alcançar o objetivo (KIERAS, 1997).

A maioria das pessoas (56%), no entanto, de fato não conhece procedimentos específicos como a) Análise de Tarefas do Usuário, b) Avaliação Profissional Baseada em Guias de Referências, c) Avaliação Formativa Centrada no Usuário, d) Avaliação Somativa Comparativa e e) Processo Progressivo e Sequencial de Avaliações Utilizando Conjunto de Técnicas. Entre os que os conhecem, a Análise de Tarefa do Usuário é a mais popular (27%), seguida pelo Processo Cognitivo e Sequencial de Avaliações Utilizando Conjunto de Processos (11%). Avaliação Formativa e Profissional Baseada em Guias de Referências não representam grande popularidade (Figura 12).

Pode-se dizer, ainda, que a geração da documentação de projeto é realizada durante todo o processo de desenvolvimento do projeto/sistema (58%). A geração dessa documentação ao final do desenvolvimento do sistema representa 21% dos entrevistados, e apenas 9% se preocupam em gerar documentos no início do desenvolvimento do projeto. Entretanto, existe um número significativo de desenvolvedores que desprezam a necessidade de tal etapa (12%).

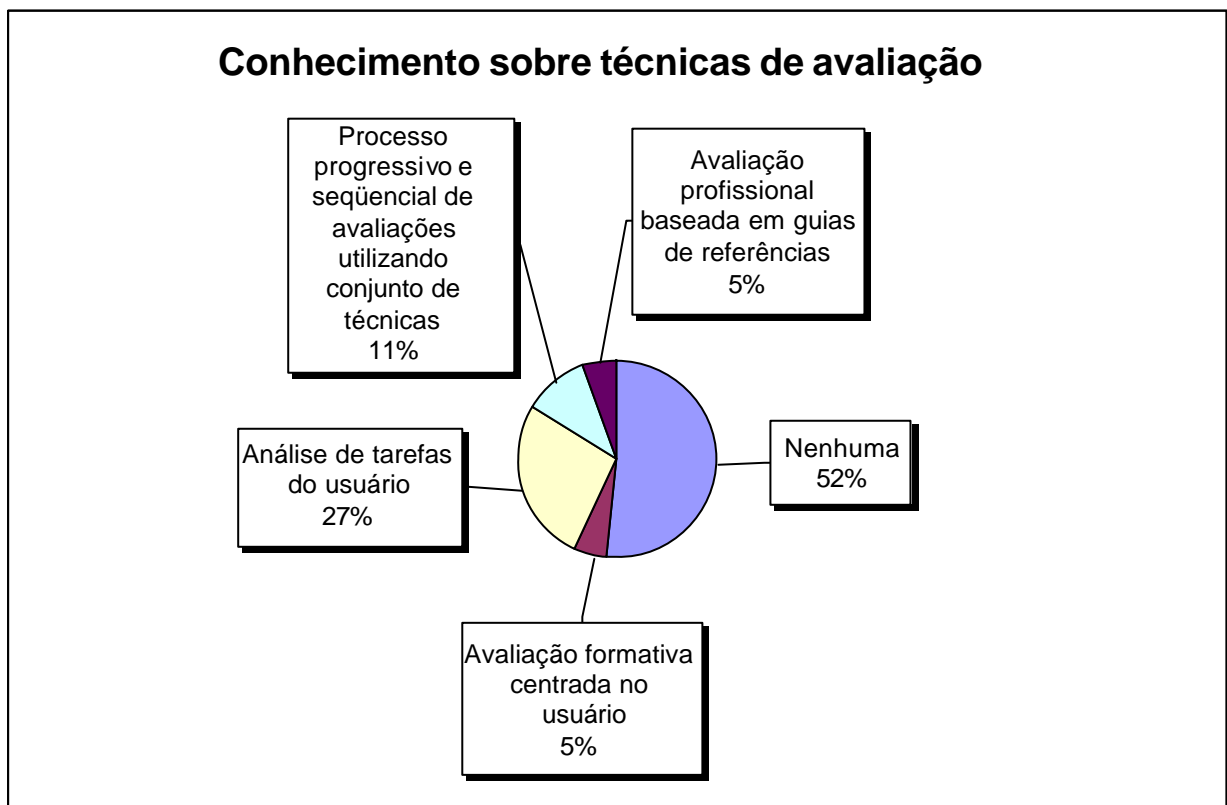


Figura 12 - Conhecimento de técnicas de avaliação

Ao se questionar sobre o que o entrevistado ou seu grupo de trabalho procuram ao escolher uma técnica de avaliação, a opção mais citada foi “algo simples que possa ser

utilizado pelo próprio entrevistado”, com (36%). Compreende-se que isso implica a utilização de meios que possibilitem ao desenvolvedor (sem conhecimento de usabilidade) de SRVs proceder à avaliação. Em segundo lugar ficou a opção de um processo que possa ser utilizado a qualquer momento do ciclo de vida de desenvolvimento do produto (24%), seguido de um processo que ofereça respostas com rapidez (15%) e de um processo que independa do projeto financeiro estabelecido (14%). Apenas 11% das respostas identificaram a necessidade de um processo que não dependa de avaliadores especialistas. Uma sugestão dada refere-se à não-condução dos resultados obtidos.

Esses resultados demonstram que a minoria que diz conhecer alguma forma específica de avaliação para SRV conhece, na verdade, procedimentos triviais adaptados e que demandam a participação direta do usuário nos ensaios de avaliação. A escolha pelo procedimento analítico, em que são encontradas listas de verificação, é a segunda opção de avaliação utilizada por desenvolvedores de SRVs. Entretanto, existe ainda necessidade da participação do profissional especializado para conduzir a avaliação. Aparentemente, isso demonstra uma carência de ferramentas apropriadas a SRVs, o que torna a proposta de criação de uma ferramenta desse tipo algo inédito na área de RV.

2.4 Revisão

Neste capítulo foram apresentados os conceitos envolvidos com interface, interação, usabilidade, qualidade e processos de avaliação. Os dois primeiros tópicos introduziram o leitor nas áreas de conhecimento aplicadas a este trabalho. Em IHC foi esclarecida a relação entre interface e interação e como a tecnologia de RV se posiciona diante dos processos de interação que dependem diretamente do uso de dispositivos nos procedimentos de execução de tarefas. Em usabilidade, objetivaram-se a apresentação dos conceitos em torno do termo, sua relação com as normas de qualidade de software e seu envolvimento em procedimentos de interação com sistemas de RV.

O último tópico apresentou um conjunto de técnicas e processos utilizados em procedimentos de avaliação. Técnicas como inspeções cognitivas (passeios) apenas envolvem a representação de usuário final, tendo como objetivo analisar as dificuldades de interação para que possam ser solucionadas ainda durante o processo de desenvolvimento do produto. Ainda poucas técnicas podem ser aplicadas sem a presença de um profissional especializado em avaliação, citando questionários de satisfação e procedimentos de inspeção por *checklist*. Com isso é possível confrontar procedimentos e necessidades cabíveis para cada técnica, bem como comportamentos de medições e possíveis resultados adquiridos.

Dessa maneira, pode-se identificar os pontos fortes e os fracos de cada técnica e esclarecer a escolha pelas técnicas mais adequadas para a ferramenta de verificação proposta neste trabalho. Ainda, essa escolha pode ser delineada com a ajuda dos resultados obtidos por meio da pesquisa aplicada a desenvolvedores de SRVs no cenário brasileiro, determinando o nível de uso e conhecimento sobre ferramentas e técnicas de avaliação já utilizadas.

3 PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA DE VERIFICAÇÃO

Este capítulo apresenta a proposta de uma ferramenta para avaliação de procedimentos de interação em SRVs. A primeira etapa para a definição da ferramenta foi a escolha da técnica mais adequada, que atendesse às necessidades deste trabalho. São apresentadas as justificativas desta escolha e o planejamento para o desenvolvimento da ferramenta. Necessidades e requisitos identificados para a criação da ferramenta orientaram a realização de algumas tarefas. Este capítulo descreve e destaca o projeto do sistema que representa a proposta desta ferramenta.

3.1 Processo da Escolha

Os objetivos a serem alcançados com este trabalho são apoiados por delimitações, previamente estabelecidas (capítulo 1.7). Por isso, a desconsideração pelas avaliações de prognóstico e formativa (discutidas e analisadas no capítulo 2.3.2) é justificada pela necessidade de se encontrar uma técnica que atenda a avaliações de protótipos ou produtos finalizados de SRVs. Tendo sido estabelecida, então, a preferência pelo processo somativo de avaliação, foi desconsiderada a técnica de **análise de tarefas** (p. 66), pois esta se aplica somente à etapa inicial do projeto. Avaliação somativa refere-se a um processo acumulativo, que resulta em um balanço final que leva em consideração os resultados parciais das avaliações intermediárias. Ainda, delimitado pela possibilidade de não-participação de usuários para o teste de avaliação do sistema, foram desconsiderados o procedimento de **ensaios de interação** (p. 71), que necessita incondicionalmente da presença do usuário-teste, e o **monitoramento por espões** (p. 72), que, além de representar uma técnica não flexível, necessita igualmente de usuário para teste. Os **testes de usabilidade** (Apêndice C, item 3, p.154) referem-se a uma compilação de outras técnicas, tendo sido desconsiderados por sua natureza extensa.

A **avaliação heurística** (p. 67) julga valores relacionados à qualidade por especialistas que se baseiam em experiências próprias para o exame do sistema interativo. Assim, são diagnosticados possíveis problemas durante os procedimentos de interação. Pesquisas apontam para a necessidade de padronização de análises que possam garantir uma média de desempenho individual superior para os analistas de avaliação heurística, com sugestões de conjuntos de critérios e recomendações, modelo de níveis de abstração e modelo de componentes de interfaces (CYBIS, 2000).

Restaram, portanto, os **questionários** (p. 64), que possuem a deficiência de não oferecer informações sobre quais os aspectos do sistema são responsáveis por determinar aspectos positivos e negativos da avaliação, tratando apenas de medidas globais da usabilidade do sistema. As heurísticas que Nielsen e Molich (1990) sugerem que sejam utilizadas por desenvolvedores não são vistas da mesma forma por Jeffries et al.²⁸ (1991), que utilizaram especialistas em interface gráfica para avaliação em seu teste de comparação. Trata-se de uma posição natural, visto que a heurística depende do conhecimento adquirido, que pode não se aplicar aos desenvolvedores de software. Mas a justificativa mais plausível é dada por Bowman et al. (2002), que identificaram uma ausência de heurísticas específicas para avaliações de AVs. Com relação à inspeção cognitiva, Jeffries et al. (1991) apontam a desvantagem de não identificar problemas gerais e recorrentes, tarefa que o *checklist* suporta.

Por eliminação, é verificado que o *checklist* enquadra-se nas delimitações definidas neste trabalho. A técnica é utilizada para procedimentos de identificação dos sucessos e insucessos das interações em AVs sob a ótica da usabilidade, sendo aplicável tanto ao desenvolvedor de SRVs quanto ao especialista (flexível), apresentando resultados satisfatórios e sendo considerada de fácil uso. Outro critério que contribui para a escolha do *checklist* é a **sistematização** em relação à **recorrência** e **repetição** (JEFFRIES et al., 1991). A **recorrência** está relacionada aos resultados similares que podem ser encontrados pelo mesmo avaliador quando são feitas várias avaliações do mesmo sistema. A **repetição** está ligada aos resultados similares encontrados por diferentes avaliadores para a mesma aplicação. Esse critério destaca as inspeções por *checklists* como sendo as mais sistemáticas (JEFFRIES et al., 1991).

É interessante salientar uma diferença com relação às técnicas de questionário e *checklist*. O questionário oferece uma visão geral baseada em opiniões, sejam elas restritas (dentro de uma escala) ou apoiadas por uma coleta de declarações que devem ser interpretadas (KIRAKOWSKI, 2003). Por outro lado, o *checklist* permite sua reutilização quando as listas de verificação são desenvolvidas, com o cuidado de sistematizar e com a preocupação de alcançar um nível elevado de efetividade dos resultados (durante um *checklist* de pouso de um avião, quando 95% dos itens são checados, pode haver um acidente se entre os 5% não checados estivesse o item que conferisse a saída do trem de pouso. As conseqüências não seriam grandes se o item esquecido fosse o cinto de segurança dos passageiros). Dessa forma, a utilização de um *checklist* pode evidenciar um maior número de

²⁸ A pesquisa de Jeffries et al. (1991) comparou quatro técnicas de avaliação: heurística, teste de usabilidade, *guidelines* (*checklist*) e inspeção cognitiva.

problemas conhecidos se todos os itens forem verificados (CYBIS, 2000), enquanto resultados de questionários devem ser interpretados e tratados individualmente a cada aplicação.

Ainda, a abordagem centrada no usuário é uma variável muito presente em técnicas de avaliação, mesmo quando o usuário-teste não faz parte do processo de avaliação (como em passeios cognitivos) ou o avaliador não é uma especialista (*checklist*). No caso de um passeio cognitivo, o avaliador especialista possui conhecimento suficiente do usuário para simular suas atitudes por meio de análise empírica. No caso do *checklist* ou, ainda, do questionário, o desenvolvimento da ferramenta considera o envolvimento do usuário em cada uma das questões a serem realizadas, mas nem sempre exige sua presença na hora de realizar a avaliação.

Acredita-se que os delimitadores contribuíram de forma eficaz para a seleção da ferramenta de avaliação de interações do SRV. Um dos grandes motivadores na escolha do processo para avaliação de AVs foi a oportunidade de oferecer ao desenvolvedor uma técnica de inspeção dos procedimentos de interação sem a necessidade de ser um especialista de avaliação em usabilidade, interface ou interação. É possível observar que o *checklist* não precisa ser utilizado somente na etapa de finalização do produto, permitindo que o desenvolvedor aplique a técnica a qualquer momento do processo de desenvolvimento do SRV, com o objetivo de evidenciar sucessos e insucessos de usabilidade nos procedimentos de interações. A aplicação em diversas etapas do desenvolvimento pode ocorrer quando o projeto é realizado através de um processo de prototipagem sugerido por Stuart (1996), a exemplo de projetos como AVVIC (MARTINS; KIRNER, 1997) e AVC-MV (PINTO et al, 2001). Esse processo de projeto é realizado por meio de protótipos ao longo do desenvolvimento do projeto, resultando em sistemas intermediários. Dessa forma, as verificações são identificadas assim que houver protótipos intermediários que possam ser avaliados, oferecendo respostas quanto à escolha dos processos de interação da aplicação.

3.1.1 Justificativas

Entre as técnicas apresentadas no capítulo anterior, concluiu-se que todas contribuem de alguma forma na identificação de problemas de usabilidade, seja ao longo do processo de desenvolvimento do produto, seja na sua finalização. Entretanto, as delimitações apresentadas neste trabalho apontam o *checklist* como técnica mais apropriada. Esse fato refere-se à qualidade da técnica de não exigir formação ou competências específicas para sua realização, além de uma **produção válida** de resultados, referindo-se à quantidade de problemas

detectados (CYBIS et al., 2002a). As potencialidades do *checklist* apresentadas por Cybis (2000) na página 70 contribuíram de forma relevante para a escolha dessa técnica. Seus pontos mais importantes se resumem a:

- a) não exige a presença de especialistas/conhecimento estar atrelado à ferramenta;
- b) garante resultados estáveis mesmo quando aplicada por diferentes avaliadores;
- c) facilita os procedimentos de identificação de problemas de usabilidade;
- d) reduz a subjetividade/eficácia da avaliação; e
- e) tem custo reduzido de avaliação.

Mesmo não tendo sido alvo de pesquisas em aplicações de RV, essa técnica pode oferecer subsídios de grande importância para o melhoramento de interação em AVs. Sua escolha para avaliação de usabilidade das interações possui aspectos positivos para relacioná-los com a facilidade na identificação desses problemas, e para que isso ocorra é necessário desenvolver listas de verificação estruturadas e abrangentes, identificando as tarefas relacionadas aos procedimentos básicos de interação. A participação do desenvolvedor não especialista no processo de avaliação, uma das delimitações mais importantes, justifica-se pela escassez de ambos: a) ferramentas ou guias práticos de avaliação de SRVs; e b) avaliadores especializados em usabilidade e interações para sistemas de RV. Ainda, existe uma contribuição para a área de RV que carece de procedimentos direcionados para avaliação de projetos e sistemas de RV tendo em vista um uso prático e direcionado a um objetivo específico.

A comprovação da eficiência do *checklist* (em avaliações 2D) pode ser encontrada em trabalhos desenvolvidos pelo LabUtil/UFSC²⁹. Entretanto, uma de suas propostas, que sugere um guia de estilos para desenvolvimento de AVs, não adota o caráter de verificação e pouco contribui para a área, por tratar-se de recomendações basicamente voltadas para questões de ergonomia em sistemas computacionais gerais, enfocando, inclusive, interface gráfica com o usuário (GUI).

Apesar do fato de que inspeções por *checklist* não asseguram um alto nível de qualidade dos resultados — comparados com outros métodos de avaliação profissional —, elas são capazes de revelar de maneira rápida os procedimentos de interação relevantes da aplicação, permitindo, em tempo, ajustes de problemas isolados. Dessa maneira, de acordo

²⁹ Este mesmo laboratório oferece um Guia de Recomendações para Ambientes de Autoria em RV. Entretanto, grande parte das referências é voltada à norma ISO9241/16, sobre Requerimentos Ergonômicos para Trabalho de Escritório com Terminais de Visualização para Computadores (VDTs) (com orientações relacionadas aos diálogos de manipulação direta). Trata-se de recomendações genéricas para sistemas computacionais, o que as torna de difícil aplicação a SRVs. Muitas das recomendações se apresentam mais direcionadas a sistemas 2D.

com a especificidade das questões, a ferramenta oferecerá resultados eficazes devido à redução da subjetividade que o *checklist* é capaz de proporcionar. Outro fator é a agilidade de aplicação da ferramenta, que permite a avaliação de projetos que não consideram a inclusão de avaliações dos sistemas. A escolha do critério de usabilidade levou em conta a característica presente em normas de qualidade do software (ISO 9126), em que são apresentadas suas subcaracterísticas que contribuem para a garantia de qualidade de forma objetiva.

3.2 Requisitos

Para que a ferramenta de avaliação proposta neste trabalho tenha um resultado apropriado às necessidades do avaliador, é importante identificar o tipo de aplicação e seus usuários. Esse resultado é cruzado com os itens de verificação referentes aos procedimentos de interação identificados, que, caso não estejam sendo cumpridos, oferecem ao usuário uma recomendação associada. As recomendações são resultados de pesquisas sobre procedimentos de interação mais usáveis em AVs. Dessa forma, a recomendação representa a usabilidade como critério de avaliação da ferramenta considerada de acordo com características e subcaracterísticas que determinam a “capacidade do software” de ser usável, com medições da análise das características requeridas do produto em um contexto específico (perfil) e análise do processo de interação (verificação direcionada). A importância pela definição de critérios é declarar de forma objetiva a identificação de aspectos relevantes para as inspeções do sistema, evitando, dessa forma, ambigüidade e imprecisão na avaliação (KOSCIANSKI et al., 1999). Forma-se, dessa maneira, um conjunto de requisitos que representam a estrutura de procedimentos da avaliação (Figura 13). Primeiro, devem ser definidos os requisitos para identificar o perfil de uma aplicação em avaliação, o que deve resultar em um relatório dos procedimentos de interação. Em seguida, deve-se estabelecer variáveis para a construção dos itens de verificação que deverão identificar critérios de usabilidade através de recomendações para itens não-conformes. Nesta última fase, um relatório final é gerado com a descrição dos itens de verificação analisados.

Os resultados alcançados na avaliação derivam das tomadas de decisões para os procedimentos de interação implementados no PIU. Esse requisito garante a flexibilidade da ferramenta que, independentemente do tipo de aplicação, prevê um resultado personalizado na avaliação dos procedimentos de interação.

Não é necessário que o usuário da ferramenta seja avaliador ou especialista em procedimentos de interação, mas é necessário que esteja participando no processo de

desenvolvimento da aplicação. Esse requisito contribui para a identificação dos procedimentos de interação disponibilizados ao usuário. Considerando a utilização da ferramenta por avaliadores não especialistas, faz-se necessária a presença de um glossário para compreensão de termos não usuais.

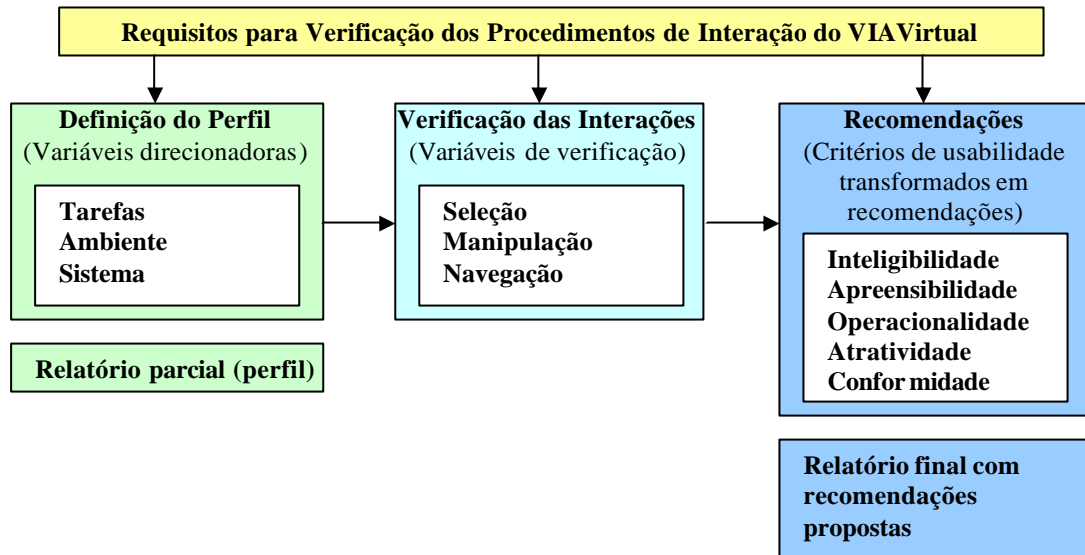


Figura 13 - Competências do procedimento de avaliação do VIAVirtual

Os requisitos com relação à ferramenta denotam uma necessidade de construção de uma taxonomia das interações que seja aplicável de maneira genérica aos sistemas de RV. Sua contribuição determina a identificação de aspectos importantes das interações para sua verificação.

3.2.1 Variáveis

As variáveis necessárias para realizar a verificação dos procedimentos de interação dividem-se em variáveis direcionadoras (perfil) e variáveis de verificação. As variáveis que definem o **perfil** consistem de um conjunto de características que identificam a aplicação de acordo com seu PIU. Elas serão apresentadas ao avaliador na forma de questionário, estabelecendo a base do procedimento de verificação das interações. A construção do questionário depende da identificação de características associadas ao sistema, considerando tarefas a serem realizadas, o ambiente onde são realizados os procedimentos de interação e o tipo de sistema que está sendo avaliado. As **variáveis de verificação** referem-se às recomendações quanto aos procedimentos de navegação, seleção e manipulação que podem ser encontrados em projetos de interação. Sua vinculação ao resultado do perfil dá à avaliação um caráter personalizado, evitando a verificação de itens não relacionados àquele sistema.

Ambos os conjuntos de variáveis podem ser encontrados em algumas publicações da área de RV e interações (PINHO, 2000; SHERMAN; CRAIG, 2003; GABBARD, 1997; TAN et al., 2001; DARKEN; SIBERT, 1996a, 1996b). Entretanto, o que é encontrado cobre apenas parcialmente ambos os conjuntos de variáveis, o que resultou na necessidade de criação de uma classificação específica e voltada para as necessidades da ferramenta proposta.

3.3 Planejamento da Ferramenta

O projeto da ferramenta de avaliação considerou sua estrutura de apresentação composta de listas de verificação³⁰ que identifiquem o cumprimento, ou não, de recomendações sugeridas para as tarefas de interação. Como a ferramenta destina-se a desenvolvedores não especialistas em avaliação ou interações, reforça-se a necessidade de informações de glossário ao longo das verificações. Considerando, ainda, a carência de métodos para a criação de documentação, a ferramenta fornecerá um relatório do Projeto de Interação com o Usuário (PIU) com um delineamento personalizado do projeto.

A criação de listas de verificação utilizará recomendações realizadas por meio de estudos de avaliação em que são identificadas tarefas relacionadas aos procedimentos de interação. As verificações devem determinar uniformidade e abrangência dos resultados que serão alcançados por meio de uma elaboração rigorosa na organização do conteúdo de verificação, detectando conformidades e problemas de usabilidade. A garantia está no uso de recomendações disponibilizadas em publicações.

Entretanto, SRVs podem ter perfis bastante distintos do ponto de vista das interações, pois a grande variedade de interfaces determina modelos de interação variados. Há, portanto, necessidade de diagnosticar o perfil do projeto de interação, que resultará sempre em relatórios distintos e variados. A utilização de dispositivos implica procedimentos diferenciados, em que o usuário pode estar apenas sentado em seu posto executando alguma tarefa dentro do AV ou utilizando equipamentos que o permitam movimentar-se no ambiente real para executar as tarefas no AV. A limitação desses equipamentos pode estar tanto no ambiente real (que poderá oferecer algum tipo restrição (CAVE), prevendo espaço físico de movimentação) quanto no próprio equipamento (a exemplo dos cabos em capacetes HMDs, óculos e luvas). Ainda a respeito dos equipamentos, existe a questão da conciliação da manipulação ou uso do dispositivo para realização de tarefas dentro do AV. Duas áreas de

³⁰ Considera-se *checklist* a técnica de avaliação. O termo “*lista de verificação*” será preferido ao *checklist* quando se referir à proposta deste trabalho, pois se trata de uma ferramenta que engloba ainda outros procedimentos.

pesquisa com enfoque em usabilidade são: a) compreensão e facilidade de manipulação do dispositivo; e b) execução bem-sucedida da tarefa de interação com a utilização do dispositivo. Em ambas as áreas são encontradas recomendações estabelecendo critérios de usabilidade.

Diante disso, foi necessário definir uma forma de identificar o perfil da aplicação que resultasse no direcionamento da verificação dos elementos de interação mais importantes para aquele sistema. A solução encontrada é apoiada por sugestões disponibilizadas nas referências da literatura (pode ser encontrada uma lista modelo em REBELO, 2004) a respeito do assunto e direcionada para as necessidades da ferramenta. A ferramenta proposta combina, portanto, técnicas de verificação (*checklist*) criadas através de recomendações, que são desencadeadas a partir de um questionário para identificação da aplicação.

A ferramenta proposta, que está sendo chamada de **VIAVirtual** (Verificação das Interações em Ambiente Virtual), atende à necessidade de viabilização de modelos de avaliação para procedimentos de interação. A apresentação feita a respeito de seu projeto conceitual expõe a integração de vários elementos, o que sugere uma ferramenta com um conceito diferente de avaliação (além do *checklist*, utiliza outros artifícios no processo de avaliação).

3.4 Projeto da Proposta VIAVirtual

Segundo Scalet (2002), **projetar a avaliação** caracteriza-se unicamente pela produção do plano de avaliação, que descreve os métodos de avaliação e o cronograma das ações do avaliador. Um exemplo de informação do plano de avaliação inclui o procedimento para coleta de dados. **A execução da avaliação** inicia-se com a **obtenção das medidas** através de métricas selecionadas, que são aplicadas ao produto de software, que resulta na aquisição dos valores nas escalas das métricas. Em seguida, ocorre a tarefa de **comparação com os critérios** predeterminados a partir do valor medido. Finaliza-se com o **juízo dos resultados**, representado por um conjunto resumido dos itens pontuados. Este resultado declara quanto o produto de software atende aos requisitos de qualidade e dá subsídios para uma decisão gerencial quanto à aceitação ou rejeição, ou quanto à liberação ou não, do produto de software (SCALET, 2002).

A ferramenta proposta funciona mediante o cumprimento de etapas seqüenciais (Figura 14). A primeira etapa (Etapa I) constitui-se da definição do perfil, que resulta na indicação de variáveis personalizadas do sistema em avaliação. O resultado (Etapa Ia) determina uma lista personalizada de itens de verificação das interações (Etapa II). Esses itens

foram desenvolvidos conforme recomendações encontradas nas referências de resultados de trabalhos de pesquisa. No final do processo (Etapa III), o resultado é oferecido ao avaliador, evidenciando recomendações caso a verificação personalizada constate o não-cumprimento do item verificado. Esse modelo de avaliação que conta com um *checklist* como uma de suas alternativas para se alcançar um resultado denomina-se **Checklist Adaptativo**.

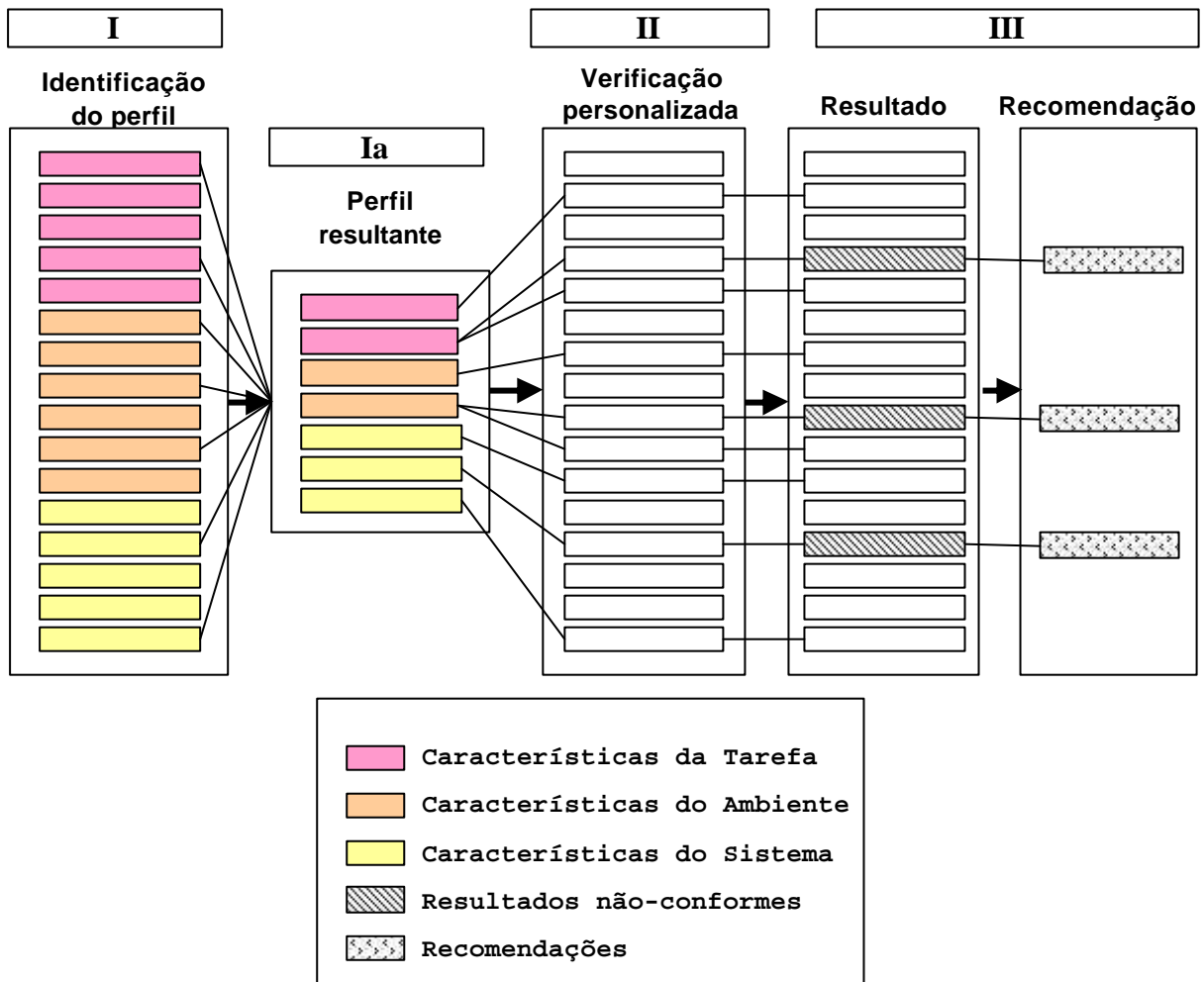


Figura 14 - Processo de funcionamento da ferramenta VIAVirtual

A lista de **características do perfil** foi idealizada com o objetivo de selecionar os itens de verificação. Poucos autores comentam a possibilidade de identificação do perfil para avaliação do sistema, entre eles Bowman (1999), que oferece uma sugestão de classificação considerada neste trabalho (Apêndice E p.160). Os **itens de verificação** são derivações da classificação do perfil funcionando em associação com as **recomendações** encontradas na literatura. A criação desses itens de verificação é realizada conforme análise de recomendações encontradas na literatura. O resultado gerado é apresentado em forma de

relatório e, caso a verificação constate a não-conformidade, uma recomendação sobre o assunto é sugerida no relatório.

A estrutura apresentada na Figura 14 condiciona o desenvolvimento da ferramenta à criação de uma classificação que possa identificar um conjunto de itens de importância nos procedimentos de interação. Essa classificação pode ser encontrada nas referências de forma resumida, por isso optou-se por identificar o maior número de variáveis associadas aos procedimentos de interação. Só assim seria possível traçar um perfil que pudesse identificar um número satisfatório de variáveis dos procedimentos de interação para sua posterior verificação. Essa classificação deve conter conceitos e descrições que possam auxiliar na construção do conhecimento sobre o assunto e, dessa forma, permitir um desenvolvimento mais facilitado da ferramenta.

Outra tarefa foi reunir recomendações sobre procedimentos de interação em AVs com o propósito de construir as listas de verificação. As recomendações orientam projetistas durante a elaboração do projeto de interação. Sendo assim, elas devem ser reinterpretadas de forma que possam se transformar em itens de verificação dentro do contexto definido pelo perfil.

3.5 Perfil

O perfil refere-se à identificação das características específicas de interação percebidas numa visão de conjunto sobre o funcionamento do sistema. Seu objetivo é identificar a combinação mais próxima do ideal de respostas que indique uma lista de verificação dos procedimentos de interação. Alguns autores oferecem classificações para encontrar o perfil da aplicação. Bowman (1999) sugere que tais características sejam uma expansão de sua classificação de navegação, bem como uma medida de performance da seleção/manipulação. Sua proposta apresenta uma classificação por características que determina grupos de interesse tratados por a) tarefa, b) ambiente, c) usuário e d) sistema. Para cada conjunto de características, Bowman (1999) oferece um número de questões relacionadas, mas pouca informação sobre tais questionamentos é apresentada em seu trabalho. O conjunto de questões é utilizado basicamente de forma heurística, e a sua classificação pode ser verificada no Apêndice E (p. 160).

Gabbard (1997) também oferece uma contribuição para traçar o perfil da aplicação. Assim como em navegação, a seleção e a manipulação também dependem da combinação de mecanismos para controle e realização das tarefas, representando, dessa forma, uma descrição do perfil da aplicação. As poucas questões oferecidas por Gabbard demonstram preocupação

maior na identificação de características de usabilidade em AVs distribuídas entre quatro grandes grupos. Algumas dessas preocupações apresentam questionamentos sobre as tarefas do usuário, tais como:

- a) Onde estou agora?
- b) Como devo proceder e me orientar corretamente?
- c) Aonde eu quero ir?
- d) Como eu chego lá?
- e) Qual tipo de objeto o usuário precisará selecionar?
- f) Quais são as potenciais relações espaciais entre usuário e objetos?
- g) Que tipo de interações são apropriadas considerando-se objetos e relações espaciais?

Kruijff (1998) sugere um procedimento para verificação do perfil como base em uma análise conceitual do processo de projeto. Sua contribuição mostra a possibilidade de identificação dos aspectos a serem avaliados nos procedimentos de interação, mas os aborda de forma genérica. Este autor aborda o processo da prática do projeto arquitetônico utilizando ferramentas de RV e analisando os potenciais de se usar essa tecnologia na fase de projeto preliminar, descrevendo necessidades e recomendações para ferramentas de modelo conceitual (Apêndice E, p. 160).

A metodologia proposta pelo Laboratório de Realidade Virtual Aplicada (LARVA/UEDESC) (KEMCZINKI, 2004) também contribuiu para a orientação das questões do perfil. Alguns questionamentos encontrados no trabalho apontam a consistência da classificação proposta nesta tese sobre os procedimentos de interação, devido à semelhança de escopo (Apêndice E, p. 160).

Após a análise dos processos para criação de perfis para as interações de SRVs encontrados na literatura, verificou-se que o processo mais prático vai ao encontro da proposta sugerida por Bowman (1999). Apesar da inexistência de comentários sobre as questões relacionadas às características sugeridas por este autor, elas são apresentadas dentro de um contexto definido. Por isso, a classificação das interações se mostrou importante para identificar o conjunto de questões apropriadas para o perfil, respeitando as características sugeridas por Bowman. Essa classificação é descrita a seguir.

3.5.1 Classificação dos procedimentos de interação

A proposta de classificação vai ao encontro das necessidades apontadas no capítulo anterior, e seu resultado faz parte do projeto Avaliação das Interações em Ambientes Virtuais, que pode ser encontrado no *site* do LRV, na seção de projetos. O documento (REBELO, 2004) possui um extenso material sobre o assunto e, por isso, deve ser apresentado nesta tese de forma reduzida. Essa classificação provê subsídios para a compreensão do conteúdo, que envolve procedimentos de interação em AVs, estabelecendo considerações a respeito de suas variáveis. Três grupos de destaque consideram os procedimentos de interação mais comuns e presentes em aplicações de RV representados pela **navegação**, que se refere à tarefa de deslocamento dentro do AV; **seleção**, que se refere à tarefa de identificação e indicação do objeto virtual; e **manipulação**, que se refere à tarefa a ser realizada com o objeto virtual selecionado. São esses, também, os procedimentos mais referenciados na literatura da área (SHERMAN; CRAIG, 2003; GABBARD, 1997; BOWMAN, 1999; BOWMAN et al, 2001), mesmo que essa preocupação seja dificilmente constatada, salvo exceções como Sherman e Craig (2003). Isso se deve ao fato de que muitas pesquisas são realizadas com enfoques específicos para um determinado aspecto do procedimento de interação.

Além dos três grupos de interação mencionados acima, são considerados também procedimentos referentes à comunicação entre usuários ou suas entidades quando o sistema caracteriza-se como multiusuário. São tratados assuntos referentes ao compartilhamento de tarefas, os meios de interação e variáveis ligadas à representação visual do usuário. Essa parte não está completa e representa uma classificação de interação pouco citada na literatura. Esta tese não fará uso desse conteúdo, mesmo porque ele se encontra em processo de desenvolvimento. As últimas considerações encontradas no trabalho de classificação referem-se a uma coletânea de recomendações encontradas na literatura que dão suporte à ferramenta de verificação na condição de orientadores (REBELO, 2004).

A parte relevante da classificação a ser utilizada neste trabalho considera os itens de maior importância associados a cada um dos três grupos de tarefas já citados. Esse material reúne relatos, resultados de pesquisa, conceitos e algumas subclassificações já propostas por outros autores a respeito das interações em AVs. A classificação foi desenvolvida com base no grupo de tarefas, que foram desmembradas de acordo com suas relações com novos tópicos e subtópicos.

Destinada a determinar as variáveis de interesse para o desenvolvimento do questionário de perfil, a classificação tem o propósito também de diagnosticar tarefas e

procedimentos de interação. O conjunto de variáveis associadas às tarefas de interação envolvem controles, a tarefa propriamente dita e retornos, sendo essa a maneira pela qual a classificação é proposta. A distinção entre tipos de SRVs imersivos e não imersivos não caracteriza um aspecto importante da classificação. O conceito utilizado no trabalho de classificação considera que não existe um consenso a respeito dos limites claros que distinguem esses dois tipos de aplicação. Existem autores que designam aplicação imersiva àquela que exige que o usuário utilize alguma espécie de óculos estéreo (STUART, 1996). Outros autores consideram esses limites ambíguos, considerando este um aspecto subjetivo definido pelo usuário (PINTO et al., 2001), ou seja, o usuário determina quão imerso ele se sente e experimenta o sistema. O limite entre uma aplicação imersiva e uma não imersiva é, portanto, compreendido como uma aura de subjetividade, independentemente do conjunto de equipamentos utilizados para interagir com o sistema.

Este trabalho considera, assim, que dentro dos limites de interação não imersiva encontram-se as aplicações *desktop* que oferecem ao usuário a possibilidade de explorar um ambiente tridimensional (interação em tempo real), fazendo uso de uma flexibilidade de escolha do próprio caminho. Este seria o menor grau de interação exigido para que um sistema possa ser caracterizado como sistema de RV. À medida que o grau de interatividade vai aumentando e oferecendo possibilidade de interagir com objetos, somado ao uso de dispositivos como luvas, capacetes e CAVE, a aplicação vai adquirindo características mais realistas, o que influencia o grau de imersão experimentado pelo usuário. Mas isso não significa que exista uma regra para identificar o grau de imersão, visto que o usuário é a pessoa mais recomendada para classificá-lo. Sua experiência é que vai determinar, subjetivamente, quanto ele se sentiu imerso com a aplicação.

Um resumo sobre as tarefas de navegação, seleção e manipulação pode ser visto a seguir. Esse material representa as introduções para cada tarefa de interação, que podem ser encontradas na íntegra em “projetos” no *site* do Laboratório de Realidade Virtual (LRV) (REBELO, 2004).

3.5.1.1 Navegação

Trata-se da interação mais básica encontrada em aplicações de RV, que, entretanto, depende de um complexo conjunto de elementos de caráter espacial e tarefas específicas para o cumprimento de objetivos no AV. Sherman e Craig (2003) destacam “quadros de referência”, “eixos de translação” e “eixos de rotação”, além de uma divisão cognitiva da tarefa de navegação (*wayfinding* e locomoção), que é compartilhada por outros pesquisadores.

Outro trabalho relevante é apresentado por Tan et al. (2001), que oferece uma taxonomia de técnicas de navegação baseada em tarefa com objetivo de disciplinar a realização do projeto espacial. Sua estrutura preliminar é feita a partir de uma categorização de técnicas de navegação, mas é flexível com relação a seu crescimento, permitindo haver novas inserções de técnicas e áreas não abordadas inicialmente. Essa estrutura de suporte considera tarefas de seleção, controle de locomoção e interface com o usuário.

Essas duas classificações apresentadas são os trabalhos mais relevantes encontrados na área. Embora haja conformidade com outros trabalhos, existem também outras contribuições que devem ser consideradas. A classificação da tarefa de *wayfinding* feita por Darken (1996b), por exemplo, apresenta uma classificação com três categorias, *princípios, tarefas e características espaciais*, as quais não são encontradas na classificação de Sherman e Craig (2003). Além dos princípios que são de interesse para a classificação desenvolvida neste trabalho, as recomendações propostas por Darken (1996b) também são utilizadas. Trabalhos mais específicos ajudaram na tarefa de construção da taxonomia de navegação proposta neste trabalho, entre eles Ware e Fleet (1997), Fuhrmann e MacEachren (1999) e Stoev et al. (2001), que auxiliaram na questão de metáforas, e Peterson (1998), Witmer et al. (2002) e Wodtke (2002), com estudos sobre procedimentos de cognição para *wayfindings*.

A tarefa de navegação é um processo que se inicia com a “natureza humana de explorar o mundo que nos rodeia” (GABBARD, 1997), dependente de uma carga cognitiva e de atividades psicomotoras, o que o autor associa aos **modelos de navegação** (dois tipos de busca e um terceiro de exploração). Esse conceito apresentado por Gabbard aponta que o AV deve suportar a exploração do usuário, seu entendimento, sínteses e anotação do espaço. Para Darken e Sibert (1996a), esses modelos de navegação são classificados como categorias primárias da tarefa de *wayfinding*, e é desta maneira que serão tratados nesta classificação.

Ao lançar um usuário em um AV, oferecendo a ele um procedimento de navegação que o permita acessar qualquer lugar nesse mundo virtual, é possível que ocorra uma sobrecarga cognitiva impedindo-o de cumprir suas tarefas. Tratando-se de um AV, é natural que seu senso de localização apóie-se em pontos de referência, os quais devem ser previstos no projeto de ambientação (modelo virtual) em conjunto com procedimentos de navegação. Dessa forma, como sugere Raskin (2000), uma interface natural, ao contrário do que seria uma interface intuitiva³¹, facilitará a aprendizagem da utilização do sistema. E mesmo que

³¹ Uma interface intuitiva é aquela em que o usuário não necessita de instruções e possui similaridades (mesmo que ocorram de formas diversas) na execução de tarefas. O “intuitivo” é julgado de maneira corriqueira (RASKIN, 2000), tendo o termo o significado de algo simples de ser executado sem conhecimento prévio. No

“natural” não possa ser mensurado, é possível medir o tempo gasto na aprendizagem do sistema (RASKIN, 2000, p. 150). “Não somos bons em lembrar longas seqüências de comandos, mas somos muito bons em lembrar pontos de referências e dicas de posição” (RASKIN, 2000, p. 152).

Uma interface deve ser, na medida do possível, “auto-ensinável”, o que não significa dizer intuitiva, e sim rapidamente compreendida pelo usuário com explicações e instruções facilmente acessíveis quando necessário. (RASKIN, 2000, p. 175).

Entre as inúmeras interações de navegação em AVs, onde diversos dispositivos podem ser utilizados, os capacetes de RV (HMD) parecem permitir maior facilidade de reconhecimento do AV durante a tarefa de exploração deste, segundo Ruddle et al. (1999). Ruddle et al. (1999) afirmam, ainda, que o uso de capacetes de RV permite uma navegação mais rápida, o que implica, inclusive, um senso de direção mais apurado, que permite navegação em linhas mais retas. Esses benefícios estariam ligados ao rastreador, que permite uma interface natural de interação através de investigações visuais mais freqüentes durante o passeio, além de gastar o mesmo tempo para a escolha de novos trajetos. O uso correto desses equipamentos garantirá conforto na realização de tarefa, e esse conforto dependerá do cumprimento dos princípios de usabilidade que serão apresentados a seguir.

Os tópicos abordados na classificação apresentada na Figura 15 apontam preocupações com quatro componentes estruturais: 1) **controles**, 2) **referências do usuário no AV**, 3) **divisão da tarefa de navegação em *wayfinding*** e deslocamento e 4) **retorno**.

entanto, ao utilizar uma interface, o usuário passa por um processo de julgamento baseado em suas experiências e conhecimentos, pressupondo-se que o usuário já possua uma carga suficiente de informação referente à tarefa a ser realizada. Portanto, uma interface intuitiva significa dizer que os procedimentos de interação seguem padrões anteriormente estipulados por softwares populares, aos quais muitos usuários estão familiarizados. Pode significar, ainda, que as tarefas a serem realizadas neste sistema respeitam os procedimentos utilizados em um equipamento real, o qual é de conhecimento do usuário (um simulador de voo, por exemplo).

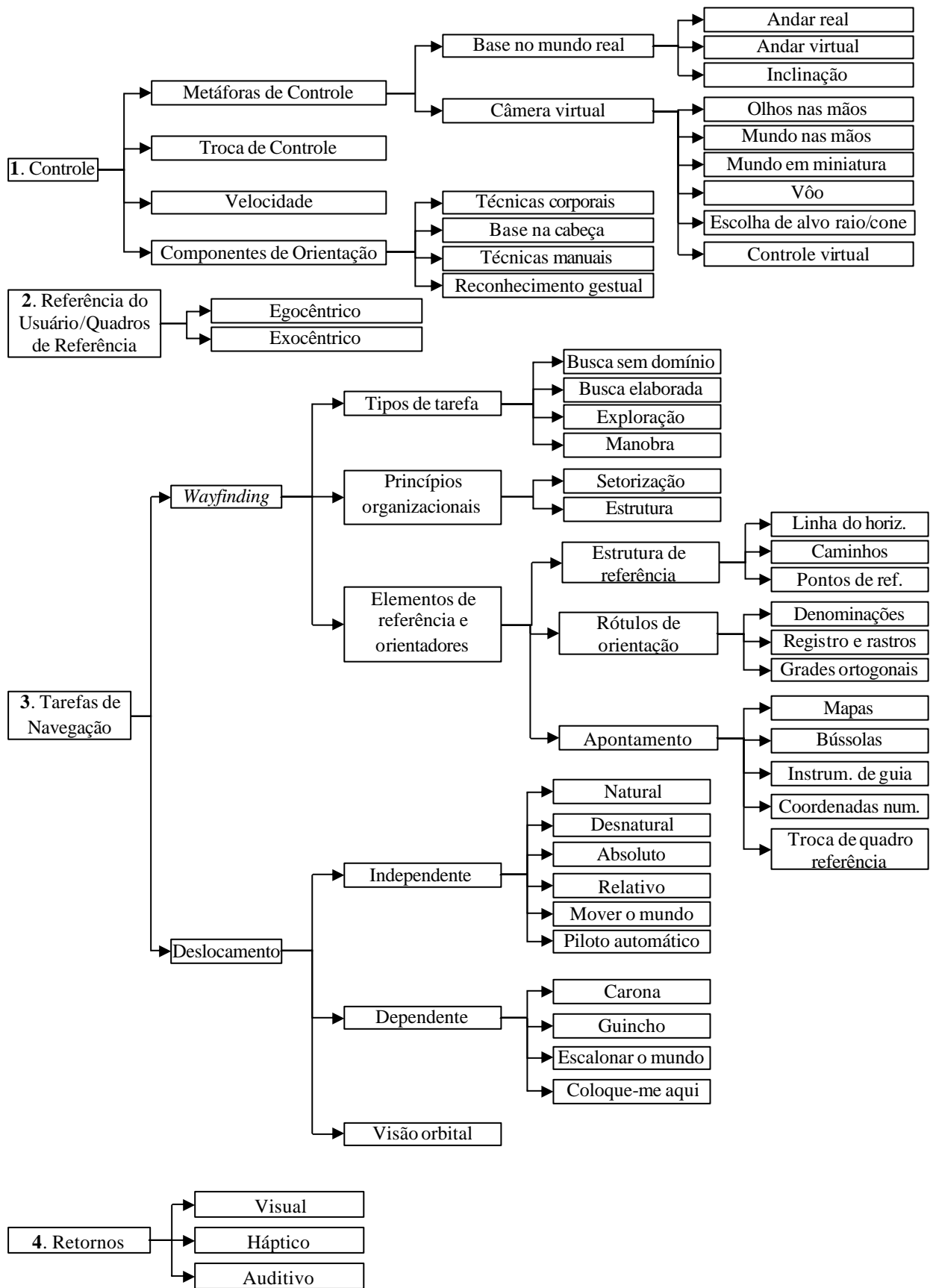


Figura 15 - Estrutura dos componentes de classificação para **navegação**

3.5.1.2 Seleção

A seleção envolve o usuário na tarefa de escolher um ou mais objetos virtuais para a realização de outras interações (BOWMAN, 1999). Normalmente, a seleção é realizada para executar manipulações, tais como o ajuste de posição ou a orientação de um objeto virtual. Outros exemplos que justificam a seleção são procedimentos de retirar do ambiente (*deletar*) o objeto em questão ou ativar um comando através de seleção de opção em menus (BOWMAN, 1999). Mas a seleção também pode ser utilizada para realização da tarefa de navegação, a exemplo da seleção de alvo no uso de técnicas de **locomoção por guincho, piloto automático, coloque-me aqui**, entre outras. Esse aspecto faz com que haja algumas semelhanças entre as metáforas utilizadas.

Alguns autores apresentam uma variedade de modelos de seleção (SHERMAN; CRAIG, 2003; GABBARD, 1997; BOWMAN, 1999). Entretanto, muitas vezes não são feitas distinções consideráveis entre seleção e manipulação (BOWMAN, 1999; SHERMAN; CRAIG, 2003). O motivo são as características comuns encontradas na realização de ambas as tarefas. Sherman e Craig (2003), por exemplo, iniciam a discussão tratando do **tipo de controle** que o usuário encontra para realizar a tarefa de seleção, podendo ser também utilizada para a tarefa de manipulação. Apesar disso, eles não identificam controles nos procedimentos de navegação, ao contrário de Gabbard (1997), que identifica controles de navegação como metáforas a serem adotadas.

Bowman (1999) oferece uma classificação que considera o grupo de seleção, manipulação e de-seleção do objeto, dando, dessa maneira, pouca atenção à tarefa de seleção propriamente dita. O autor não é favorável às teorias sobre técnicas baseadas em metáforas do mundo real, considerando-as inadequadas para tarefas de seleção e de manipulação em AVs. A justificativa é que as tarefas a serem executadas vão além das potencialidades do mundo real e, em vez de replicar o mundo físico, é mais conveniente buscar as habilidades do usuário e permitir que ele execute tarefas não possíveis em nosso mundo. Seu trabalho aborda a técnica de seleção de objetos a distância e em ambientes de grande escala, defendendo seu ponto de vista de que “o poder dos AVs não está em duplicar o mundo físico, mas sim estender as habilidades do usuário permitindo-o realizar tarefas não possíveis no mundo físico” (BOWMAN, 1999, p. 68).

Os objetivos da seleção exemplificados por Bowman (1999) indicam uma ação aplicada a um objeto com o intuito de torná-lo ativo, locomover-se até sua localização ou ajustar uma manipulação. Segundo Bowman, tais objetivos são tratados como tarefas que

partilham metáforas comuns para ambas as variáveis de interação (seleção e manipulação). Com isso, os termos utilizados (metáforas e técnicas) são tratados como características válidas tanto para seleção como para manipulação.

A técnica natural de seleção baseada em mapas naturais que acompanham a escala e a posição da mão física do usuário oferecem retornos apenas na escala de referência do usuário e sua mão virtual (alcance, por exemplo). Esse procedimento inicia-se com a escolha do objeto, orientando a mão virtual que o tocará. O usuário pode, então, selecioná-lo e manipulá-lo. O cuidado que se deve ter nesse tipo de procedimento são as indicações com relação ao objeto-alvo da seleção, bem como ao objeto já selecionado. O controle tátil incrementa a técnica, fazendo com que o usuário tenha maior controle sobre o objeto virtual, variável que depende da utilização de equipamentos apropriados para oferecer retorno das ações do usuário. Mas o retorno visual ainda é o mais utilizado, inclusive como forma de reforço.

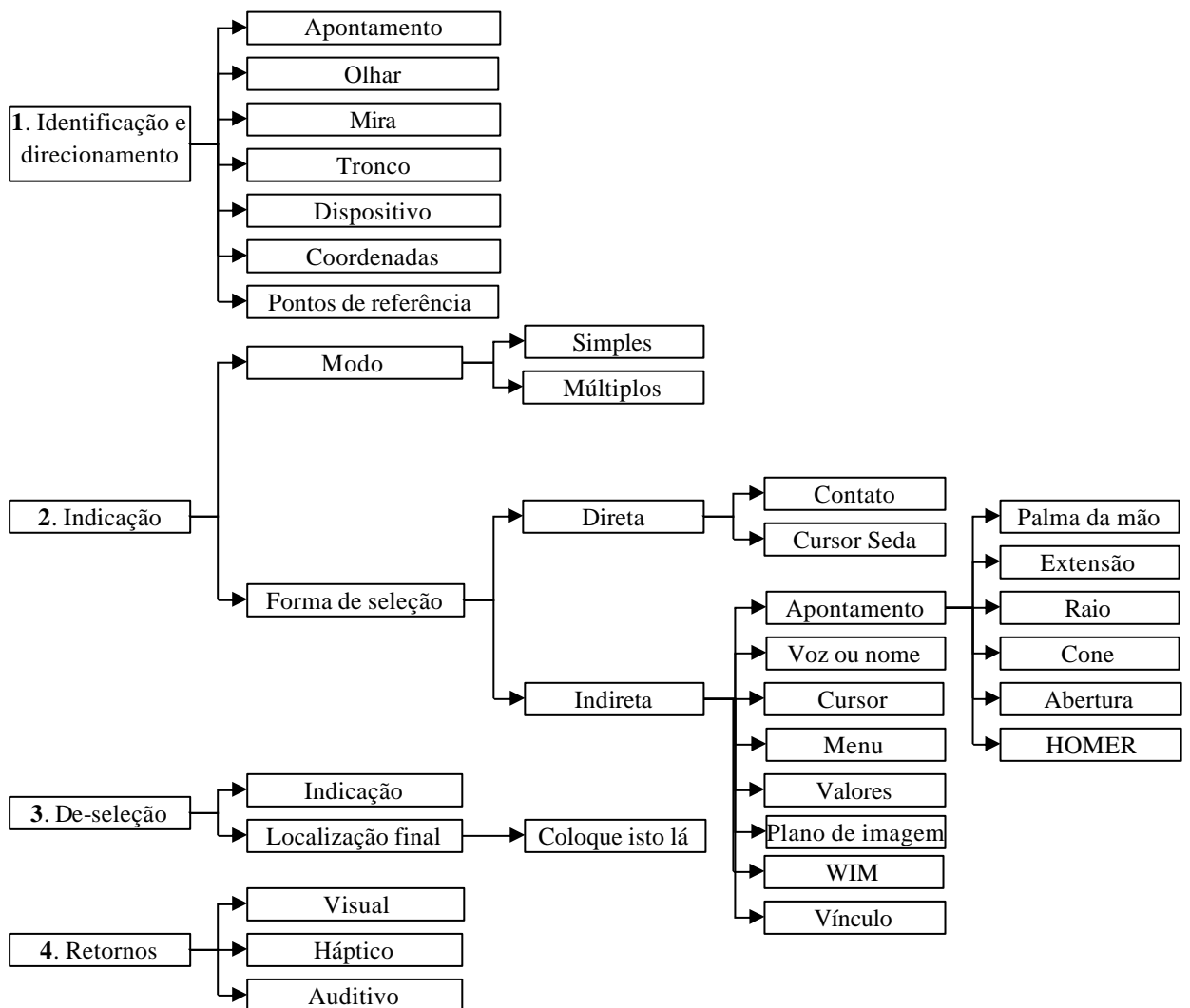


Figura 16 - Estrutura dos componentes de classificação para **seleção**

Na tarefa de seleção existem, portanto, vários elementos que devem ser considerados, os quais são abordados em partes pelos vários autores encontrados na literatura. A estrutura dos componentes sugerida neste trabalho procura agregar resultados já alcançados e sugere a classificação apresentada na Figura 16, destacando quatro componentes estruturais da tarefa de seleção: a) identificação do objeto e direcionamento, b) indicação, c) de-seleção e d) retornos. A classificação adotada considera, ainda, aspectos mencionados por Sherman e Craig (2003), como direção da seleção e opções de seleção por valores. Gabbard (1997) também oferece outras abordagens, como seleções simples e múltiplas. A proposta não sugere uma ordem ou seqüência de ações, pois elas podem ocorrer em condições diferenciadas.

3.5.1.3 Manipulação

A manipulação de objetos em AVs imersivos consiste na mudança de parâmetros ou estado (rotação, posição, tamanho, geometria (forma), visual (cor, textura, propriedade do material como transparência ou brilho), comportamental (movimentar ou parar) do objeto selecionado (PINHO, 2000).

Após a aquisição do controle e seleção do objeto, ocorrem as tarefas de manipulação, como reposicionamento, reorientação e requisição (GABBARD, 1997). Ele identifica a manipulação de objetos como qualquer ação em objetos virtuais que estejam previamente selecionados, resultando em deslocamento, rotação ou mudança de atributos ou comportamentos, como já mencionado. Para identificar procedimentos de interação, Gabbard (1997) ressalta possíveis questionamentos feitos por usuários com relação às tarefas a serem realizadas nos AVs relacionados à manipulação de objetos, as quais podem também considerar conjuntos de tarefas a serem realizadas. O objetivo é identificar os tipos de ações disponíveis para objetos, levando em consideração três questões básicas:

- O que posso fazer com este objeto?
- O objeto possui comportamentos?
- Como posso ativar tais comportamentos?

Alguns tópicos que parecem comuns aos procedimentos de seleção e manipulação são abordados apenas em seleção, a exemplo das formas de controle que o usuário possui para realizar os procedimentos de interação e algumas metáforas. Poupyrev et al. (1997) esclarecem que existe, ainda, um conhecimento insignificante com relação às características essenciais e parâmetros de manipulação em sistemas de RV. Contudo, já podem ser encontradas muitas possibilidades de categorização do procedimento.

A classificação de manipulação apresentada por Poupyrev et al. (1998) determina as dependências de acordo com metáforas egocêntricas e exocêntricas. Sherman e Craig (2003) observam a importância do controle de navegação na tarefa de manipulação. A classificação proposta neste trabalho considera tal condição de controle, levando em conta a classificação proposta por Sherman e Craig (2003) (direto do usuário, físico, virtual e por agente). Gabbard (1997) destaca tópicos como gestos, interação com duas mãos e tarefas de rotação e modificação do objeto. O autor também observa a questão da requisição do objetos, tarefa esta que já foi abordada na classificação de seleção. Bowman (1999), ao se referir à manipulação, considera vínculos, posicionamento, orientação e retornos; e Pinho (2000) concentra-se em determinar questões de manipulação direta, além de formas de controle por raio e controles físicos.

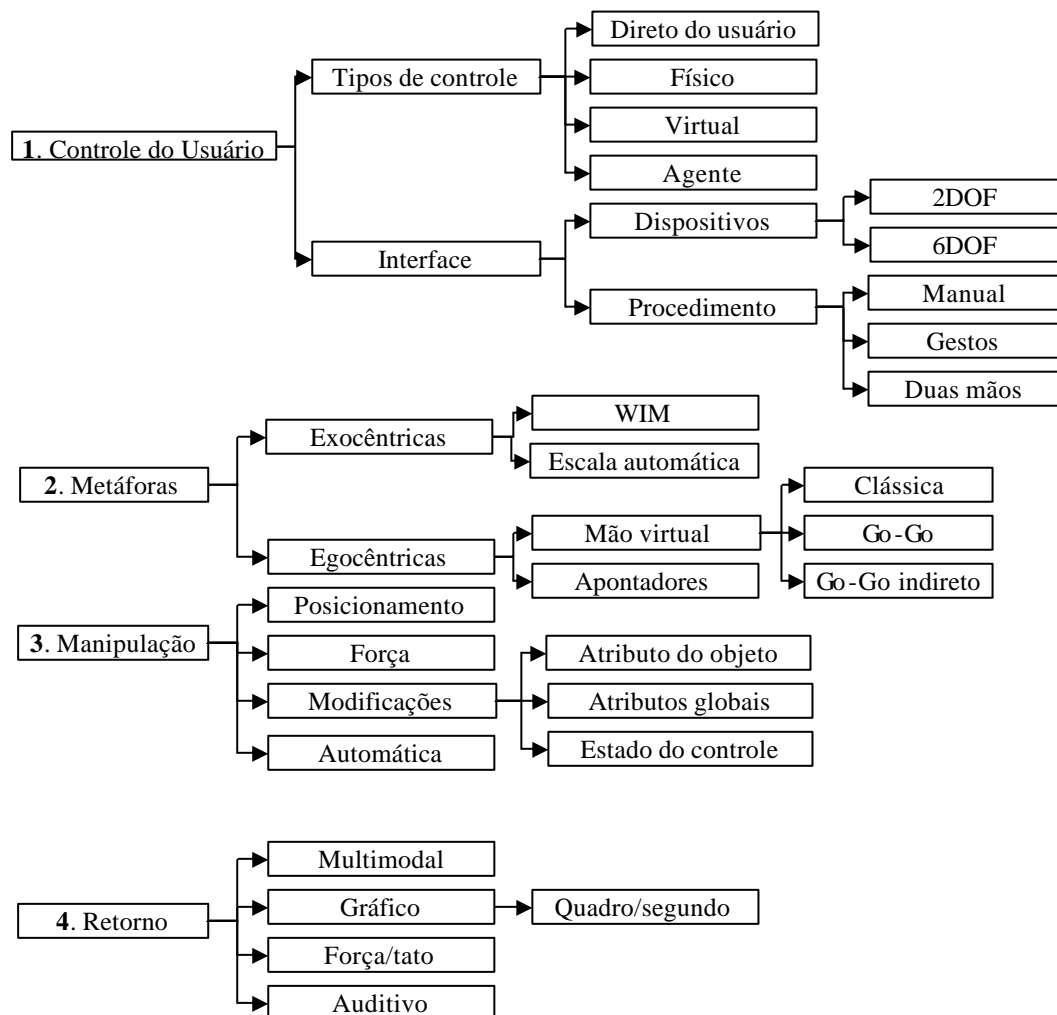


Figura 17 - Estrutura dos componentes de classificação para **manipulação**

A classificação oferecida por Bowman (1999) estabelece uma estrutura orientada a tarefas sem a pretensão de estabelecer generalizações para diferentes performances dentro de

uma categoria de técnicas; mesmo porque isso dependeria de casos de implementação da técnica. O enfoque é dado a três modelos de técnicas: **extensão de braço** (incluindo *go-go*), **raio** (incluindo apontamento) e **plano de imagens**. A classificação é baseada em uma análise formal de tarefas que identifica aspectos relacionados ao controle do usuário, por isso são considerados nesta classificação, mesmo que separadamente.

Como Bowman classifica seleção e manipulação como atividades de um mesmo grupo, apesar de afirmar que ambas devam ser consideradas separadamente para uma performance ótima, ele acrescenta componentes relacionados à “liberação” do objeto, ou seja, soltar o objeto após a conclusão da tarefa. Dois itens considerados em seus estudos referem-se a 1) indicação do objeto que foi solto (em ambientes com gravidade, por exemplo) e 2) ajuste de deslocamento entre mão virtual e real, quando é utilizada uma metáfora em que a mão virtual se move além dos limites reais.

A classificação proposta nesta tese respeita as formas de controles oferecidas, o tipo de tarefa que o usuário deve realizar no AV e os retornos que favorecem interpretações das ações realizadas. Ela é apresentada na Figura 17.

3.5.2 Questionário do perfil

As listas de itens sugeridas por Bowman (capítulo 3.5, p.86 e Apêndice E, p.160) foram consideradas em parte por falta de explicações e simplicidade de apresentação dos itens. Excluindo as características do usuário sugeridas por Bowman (1997), o questionário para identificação do perfil concentrou-se em questões associadas às características de **tarefas**, **ambiente** e **sistema**. Com a classificação das interações, foi possível gerar as questões para o questionário do perfil concentrando-se na generalização dos procedimentos de interação. A classificação desenvolvida em conjunto com esta pesquisa de tese ofereceu todos os subsídios para identificação dos itens de importância para cada área de característica (as características são apresentadas no Apêndice E, p. 160).

O questionário desenvolvido (Apêndice D, p. 156) apresenta, portanto, 20 questões essenciais para a identificação dos itens de destaque do sistema em avaliação, divididas nas área de características já mencionadas. Algumas questões extras são oferecidas como forma de complementação. O questionário tem como finalidade a viabilidade de identificação de pontos de importância nos procedimentos de interação do sistema, tendo como ponto de partida um grupo de características de interesse e uma classificação geral sobre os procedimentos de interação.

3.6 Listas de Verificação

As variáveis referentes às listas de verificação indicam o ponto de maior importância na avaliação do sistema. Seu objetivo é identificar se foram considerados os procedimentos adequados na implementação ou uso de determinado aspecto para o procedimento de interação. Sua criação está diretamente relacionada às recomendações encontradas nas referências, tendo sido necessário realizar uma reunião de recomendações que pudessem servir de ponto de partida para a criação das verificações. A dependência de material publicado deve-se ao fato de que tais recomendações são resultados de pesquisas com testes de avaliação que apresentam soluções adequadas a determinadas situações.

As recomendações utilizadas neste trabalho podem ser encontradas no Apêndice F (p. 162). Algumas foram encontradas dentro de uma classificação de procedimentos de interação. Outras se referem a trabalhos específicos e necessitaram ser analisadas para, então, ser classificadas de acordo com os procedimentos de interação, o que nesta tese é compreendido por tarefas de navegação, seleção, manipulação. As recomendações utilizadas são produtos de trabalhos que as reúnem com a intenção de propor novas oportunidades de emprego de engenharia de usabilidade (GABBARD, 1997) e trabalhos de pesquisa que sugerem recomendações a partir de estudos de avaliação. Entretanto, toda recomendação é construída dentro de uma proposta de pesquisa direcionada a identificar melhores soluções para determinados procedimentos de interação, e a repetição de recomendações pode ser encontrada em trabalhos distintos.

As verificações representam a interpretação e entendimento da recomendação para elaboração de uma questão de verificação que deve ter por resposta “sim” ou “não”. As respostas em não-conformidade com o item de verificação resultam em um relatório com sugestão referente às recomendações. O Apêndice F (p. 162) apresenta a estrutura de construção dos itens de verificação e suas possibilidades de resultados. Foram confeccionadas 30 questões para navegação, 16 para seleção e 15 para manipulação. Nem todas as recomendações encontradas foram utilizadas para a realização dos itens de verificação, mas algumas delas puderam ser utilizadas para a elaboração de diferentes itens.

Tendo sido elaborados o **questionário** para identificação do perfil e os **itens de verificação**, resta a tarefa de intersecção entre ambos. Essa tarefa realiza a lógica de funcionamento da ferramenta, e o resultado do perfil determina uma lista personalizada de verificação. As intersecções, que podem ser identificadas no Apêndice F (p. 162), são reconhecidas no exemplo abaixo pelo termo “*Link*”. Os *links* referem-se às questões do

questionário de perfil, e o exemplo abaixo a relação do item de verificação é com a questão de número 5.1 do questionário (Apêndice D, p. 157). Um exemplo de um item de verificação e suas relações, opção de resposta final (incluindo recomendação), *links* e informações (glossário) se apresenta da forma a seguir:

<p>Existe necessidade de seleção de objetos por descrição temporal, descritiva e/ou relacional ⓘ</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>Sim: Utilizar meios indiretos de seleção através de técnicas de requisição que podem ser baseadas em atributos de características simples de objeto, relações temporais e/ou espaciais. Isso ocorre quando se necessita fazer uma seleção com a seguinte descrição: “selecionar todos os tanques (<i>característica do objeto</i>) inimigos que se moveram em um raio de ‘x’ metros (<i>espacial</i>) de uma referência nas últimas 24 horas (<i>temporal</i>)”. <<Gabbard Sele5>></p> <p>Não: Ok</p> <p>ⓘ Seleção que depende de uma variável de tempo (quando aconteceu algo com o objeto: semáforos que estavam abertos no momento “x”). A seleção descritiva possui a mesma conotação e classifica por coincidência de descrição (semáforos altos)</p> <p>LINK: 5.1 (múltipla)</p>
--

Quadro 4 – Modelo de relação

Esse modelo de organização permite que novos itens de verificação possam ser criados; em outras palavras, a lista de verificações pode ser ampliada se novos itens forem adicionados e relacionados com o questionário do perfil. Isso exige que a ferramenta seja implementada de forma flexível para permitir a inclusão de novos itens e permite a realização de cruzamentos entre respostas do perfil e item de verificação.

3.7 Glossários, Relatórios e Anotações

Por se tratar de uma ferramenta a ser utilizada por avaliadores não especialistas, o VIAVirtual deve oferecer um glossário para facilitar a interpretação de termos desconhecidos e para orientar o avaliador no processo de inspeção. Esse glossário pode ser construído a partir do documento de classificação desenvolvido para este trabalho. Além do glossário, eventuais informações podem ser necessárias para melhor compreensão dos itens de checagem. Exemplo de aplicação dessas informações ou glossários pode ser encontrado no Apêndice F (p. 162) através do ícone ⓘ.

A ferramenta também emite relatórios ao final das etapas de perfil e verificação, proporcionando a documentação do processo de avaliação. O cumprimento da primeira etapa (perfil) resulta um relatório sobre uma visão geral do PIU. Esse relatório permite a realização de uma comparação com o sistema sob avaliação, proporcionando a identificação dos pontos mais relevantes dos procedimentos de interação. Esse resultado dispara a tarefa da etapa

seguinte (verificação personalizada), resultando em um relatório sobre a avaliação dos itens relevantes identificados pelo perfil. Esse relatório descreve os procedimentos adotados e aponta possíveis inconsistências através de recomendações associadas. Além disso, esse relatório representa, também, uma forma de documentação do PIU enriquecido pelos comentários sobre as funcionalidades de interação da aplicação.

Uma terceira consideração é a utilização de um recurso na ferramenta implementada que possibilite ao avaliador descrever a lógica utilizada para tomada de decisão de resposta da verificação. Esse mesmo recurso permite enriquecer o relatório de avaliação com descrições sobre detalhes do procedimento de interação ou recursos do sistema. A inserção de imagens, vídeos ou outras mídias pode contribuir de forma ainda mais informativa para a elaboração de relatórios mais completos (ver tipo de utilização do recurso no exemplo de interpretação do item de verificação que considera a “análise junto à aplicação”: tópico 4.2 Utilização da Ferramenta, p.107).

3.8 Conclusão do Capítulo

A solução proposta para a ferramenta acabou se transformando em um sistema de maior abrangência que um *checklist*. A necessidade de identificação de um perfil da aplicação exigiu a presença de um questionário, o que incrementou a ferramenta de avaliação. Os resultados gerados tornaram-se mais complexos, oferecendo relatórios parciais e recomendações para a melhoria das interações em casos de inconsistências.

O desenvolvimento da ferramenta exigiu direcionamentos de pesquisas que pudessem agregar subsídios para a criação de uma estrutura sobre os procedimentos de interação. Reunir recomendações também fez parte dessas pesquisas. Essa foi a maneira encontrada de identificar critérios de usabilidade através das listas de verificação. A ferramenta de avaliação da usabilidade das interações de sistemas de RV (VIAVirtual) possui diretrizes de análise determinadas por várias pesquisas que apresentam suporte testado em experimentos.

O trabalho apresentou, no entanto, um extenso conjunto de variáveis associadas ao planejamento e desenvolvimento da ferramenta. A gama de possibilidades para cruzamento de informações, perguntas que determinam o perfil da aplicação e verificações, resultou em um processo trabalhoso. Mesmo com o desenvolvimento do perfil focado em identificar as condições mais importantes da aplicação em avaliação, verificou-se que durante o cruzamento entre perfil e verificação havia necessidade de reformulação de algumas questões objetivando uma abrangência maior de características gerais de interação. Por outro lado, a flexibilidade das listas de verificação que dependem de recomendações referentes a resultados de

pesquisas, as quais tendem a crescer com novas pesquisas para novas propostas de interação, oferece a possibilidade de um constante aprimoramento da ferramenta de verificação. Para isso foi projetada uma solução de software para especialistas gerenciarem o conhecimento para construção da ferramenta a partir de uma interface que permite inserções de questões para o perfil ou itens de verificação e suas respectivas associações.

Mesmo contando com o auxílio do documento de classificação das interações e da reunião de recomendações, a criação do questionário de perfil e das listas de verificações representa um processo de descoberta e investigação de fatos. Essa tarefa demanda conhecimento e dificilmente poderia ser realizada por um não-especialista em interações. Ela envolve um processo heurístico para o reconhecimento de questões apropriadas a serem utilizadas em um processo de avaliação.

Dois fatores importantes devem ser apresentados: (a) a proposta da ferramenta é ajustável, podendo haver uma ampliação das questões do perfil; e (b) às verificações já existentes podem ser acrescidos novos itens de checagem. Ambas as tarefas dependem da mão-de-obra de um especialista, mas a validação da classificação das interações em conjunto com uma crescente lista de recomendações podem enriquecer a conveniência da ferramenta. Ainda, embora se tenha encontrado dificuldade no cruzamento entre as questões do perfil e os itens de verificação, foi possível identificar dependências entre as variáveis dentro de um contexto delimitado.

Para verificar a aplicabilidade da solução proposta para a ferramenta, o próximo capítulo apresenta o emprego do VIAVirtual em um SRV. O estudo de caso demonstra como a ferramenta foi utilizada a partir dos itens de maior importância para o sistema: perfil, variáveis para verificação, recomendações e relatórios.

4 ESTUDO DE CASO

Para verificar a viabilidade de funcionamento da ferramenta proposta, é apresentado um estudo de caso que aplica na prática as etapas de avaliação de um AV. Essa verificação mostra se a teoria do projeto da ferramenta responde de forma esperada na prática. O ambiente virtual utilizado faz parte de um CD-ROM multimídia sobre a vida e as obras do arquiteto Oscar Niemeyer, em que uma de suas obras, o Museu de Arte Contemporânea (MAC) de Niterói, foi recriada usando RV, com interações em tempo real (REBELO; LUZ, 1998). A escolha dessa aplicação considerou um produto de um dos projetos mais importantes desenvolvidos pelo LRV, além de representar uma aplicação comercial. Seu desenvolvimento considerou a participação de profissionais da área, inclusive de interface, tendo seguido uma metodologia iterativa³² para o desenvolvimento do sistema. O uso da ferramenta prevê o emprego de suas etapas de maior importância no processo de avaliação: questionário para identificação do perfil, verificações pertinentes e recomendações necessárias.

4.1 Projeto Oscar Niemeyer: Vida e Obra

Visando à cultura, à tecnologia e à arquitetura, foi produzido um CD-ROM sobre o arquiteto Oscar Niemeyer e suas obras utilizando-se recursos de RV como elemento diferencial. A realização ocorreu por meio de uma colaboração franco-brasileira que uniu empresas, universidades, governos, a Fundação Niemeyer e especialistas com interesse na divulgação da obra e vida desse arquiteto. O software multimídia apresenta o conteúdo de forma dinâmica e interativa, oferecido ao usuário através de diversas mídias. Esse software possui uma interface bidimensional, onde a maioria das informações é disponibilizada através de textos, imagens e vídeos. A RV foi utilizada para que o usuário explore as obras do arquiteto. Na versão mais atual do software, uma de suas obras, o Museu de Arte Contemporânea, foi representada por uma maquete digital. Além da exploração dessa maquete, por se tratar de um museu, foi também implementado um passeio de visita às coleções exibidas, denominado de “Exposição”. Na “Exposição”, o modelo digital do MAC não é completamente utilizado, restringindo o visitante ao espaço das exposições. O software também permite a atualização dessas coleções pela Internet, propiciando novas experiências aos usuários. O objeto de estudo para a validação da ferramenta (VIAVirtual) utilizou a maquete digital para fins de exploração. Segundo Rebelo (1999), as possibilidades de

³² Refere-se à repetição do processo de desenvolvimento.

interação dentro da maquete digital permitem um aumento no grau de cognição do usuário a respeito da obra, fato este que nem sempre se torna claro através de imagens e croquis (Figura 18).

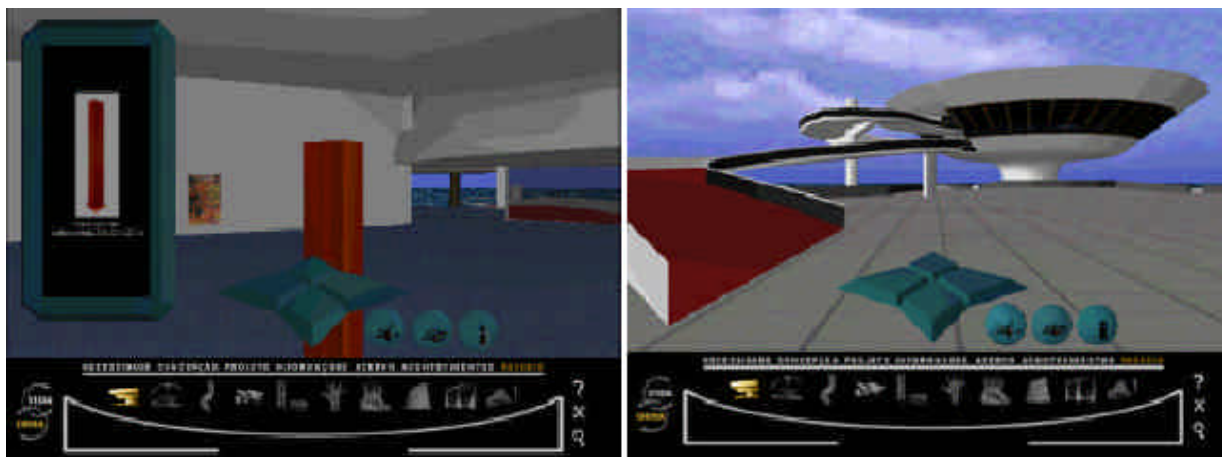


Figura 18 - AV interno (esquerda) e externo (direita) do Software Oscar Niemeyer Vida e Obra

O objetivo inicial do CD-ROM era reunir uma coletânea das obras mais importantes de Oscar Niemeyer e apresentá-las em RV. A primeira etapa, no entanto, concluída com apenas uma obra, serviu para verificar e validar (parcialmente) a viabilidade do uso da RV de baixo custo (no ano de 1999) em softwares multimídia. Essa obra, na forma de maquete virtual, apresenta o Museu de Arte Contemporânea (MAC) de Niterói com o maior grau de detalhamento possível para uso em computadores utilizados por arquitetos e alunos da área³³ em 1997. Esse público-alvo sugere que seus computadores suportariam aplicações mais exigentes, tais como ferramentas de CAD, e que possuísem ainda placas de vídeo que suportassem aplicações tridimensionais. A configuração exigida na época é apresentada no Quadro 5.

Configuração mínima	Configuração recomendada (para uso da RV)
<p><i>Sistema:</i> Windows 98 <i>Processador:</i> Intel Pentium 233 Mhz MMX ou compatível <i>Memória:</i> 32 MB RAM <i>Placa de vídeo:</i> 2 MB <i>Placa de Som:</i> Sound Blaster ou compatível <i>CD-ROM:</i> 16x ou superior</p>	<p><i>Sistema:</i> Windows 98 <i>Processador:</i> Intel Pentium II 300 Mhz MMX ou compatível <i>Memória:</i> 64 MB RAM <i>Placa de vídeo:</i> acelerada 3D com OpenGL <i>Placa de Som:</i> Sound Blaster ou compatível <i>CD-ROM:</i> 16x ou superior</p>

Quadro 5 – Configuração exigida para o CD-ROM Oscar Niemeyer Vida e Obra (dados encontrados na capa do CD)

³³ Um incremento no sistema permitiria que o usuário armazenasse as exposições digitais realizadas pelo MAC. O Museu estaria encarregado de transformar suas exposições e disponibilizá-las para que pudessem ser incorporadas à maquete virtual. O usuário do CD-ROM poderia, além de passear pela maquete, resgatar essas exposições pela Internet e armazená-las em seu computador pessoal. Dessa maneira, ele poderia visitar as exposições realizadas no MAC a qualquer momento, sem nem mesmo se deslocar até o Museu.

4.1.1 Sistema de RV

O sistema utilizado para o estudo de caso apresenta uma obra arquitetônica na forma de maquete digital, com possibilidade de interação em tempo real, principalmente através da navegação. O usuário não possui objetivos (tarefas) a serem cumpridas, apenas conhecer o espaço apresentado e adquirir informações sobre a obra. O espaço de exploração é definido por uma parte aberta/externa do terreno, onde se encontra o prédio, e vários espaços internos que constituem espaços públicos e de acesso controlado. A Figura 18 apresenta as visões interna e externa do MAC.

4.1.2 Descrição das Interfaces

As interfaces físicas com o sistema são identificadas por dispositivos de interação que se resumem ao uso de teclado e mouse para navegação, seleção e manipulação, monitor para visualização do AV e caixas de som para o retorno sonoro. A presença de tais equipamentos poderia classificar a aplicação como não imersiva, mas esse contexto não será discutido, pois este trabalho considera que o limite entre imersivo e não imersivo é subjetivo e depende da sensação de imersão que o usuário experimenta.

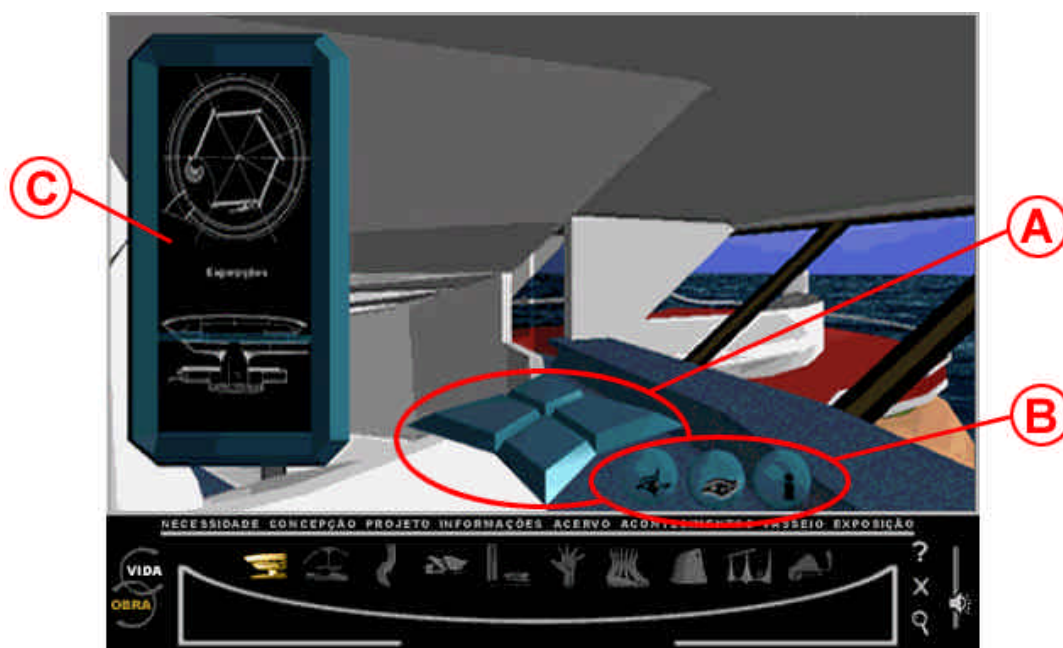


Figura 19 - Interface de apresentação da aplicação Oscar Niemeyer Vida e Obra

A aplicação oferece, ainda, apoio de interface na forma de dispositivos virtuais (Figura 19A e 19B) para auxiliar a navegação e botões de ação na forma de sinalizadores de informações e inclinação do ponto de vista. O controle virtual para navegação (Figura 19A) é representado por um conjunto fixo de setas, que auxilia o usuário na realização do

deslocamento em tempo real para frente, para trás e para os lados. Além desse controle visual de navegação, o usuário pode utilizar a navegação diretamente sobre o cenário com o auxílio do mouse, devido à divisão em quadrantes. Mantendo o botão esquerdo do mouse pressionado dentro de um dos quadrantes, o usuário se desloca a frente, para trás ou realiza um giro no campo de visão (Figura 20).

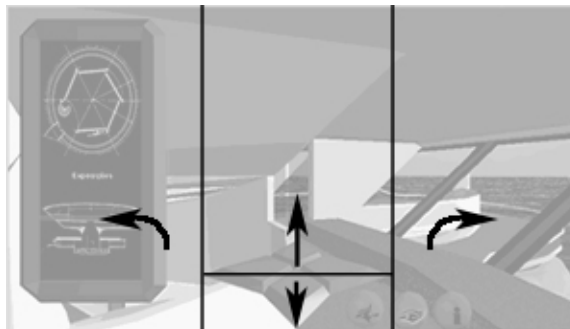


Figura 20 - Quadrantes para navegação com clique sobre o cenário

Os botões sinalizadores (Figura 19B) são apresentados na forma de três esferas, que oferecem extensão de ângulo de visão (olhar para cima e para baixo), e outras duas que fornecem informações apresentadas em um quadro que é automaticamente aberto ao serem acionados os botões: (a) o primeiro permite abrir um painel para navegação por teletransporte através de uma planta baixa e um corte lateral (o projeto original previa a apresentação de um cursor identificando constantemente a posição do usuário, mas, infelizmente, devido a restrições de tempo e orçamento, essa característica foi postergada para uma atualização futura); e (b) o segundo oferece uma dica de que naquele espaço existe algum tipo de informação relevante, que aparecerá no painel se for acionado (Figura 19C). A Figura 19 apresenta a interface geral de visualização da aplicação.

4.1.3 Descrição das Interações

As interações oferecidas nesta aplicação se resumem basicamente à tarefa de navegação, com poucas possibilidades de seleção e manipulação. A exploração do AV é feita de forma livre, sem restrições de acesso ou obrigatoriedade de tarefas, através do controle do mouse ou do uso de um controle virtual. Além disso, a tarefa de abrir portas deve ser o meio utilizado para acessar determinados ambientes, como o próprio Museu, pela área de exposição, o anfiteatro, bem como salas administrativas e de serviço.

Para identificar um conjunto mais apurado das tarefas de interação existentes e seu contexto de funcionamento, foi necessário realizar um processo heurístico de reconhecimento, que pode ser compreendido como uma avaliação, pois permitiu identificar falhas de interação.

Esse resultado de avaliação heurística será utilizado como forma de comparação com o resultado gerado pela ferramenta proposta neste trabalho.

Para realizar a avaliação heurística, foi utilizada a classificação desenvolvida para esta tese, resultando em uma decomposição de tarefas e variáveis, conforme é sugerido na classificação. O resultado apresenta-se como um relatório estruturado de forma distribuída em três grupos de tarefas: navegação, seleção e manipulação. A identificação de falhas ocorreu enquanto eram verificadas as variáveis da classificação em conjunto com o uso prático do SRV. O relatório se apresenta da forma a seguir (Quadro 6).

NAVEGAÇÃO

Controle > Metáfora de controle > Câmera Virtual > 1) Vôo e 2) Controle Virtual

Controle > Velocidade (Constante)

Controle > Componente > Técnica manual

Referência do Usuário > Quadro de referência > Egocêntrico (translação em dois eixos e sem rotação)

Tarefas de navegação > Wayfinding > Tipo de tarefas > 1) Exploração e 2) Manobra

Tarefas de navegação > Wayfinding > Princípios organizacionais > 1) Setorização e 2) Estrutura

Tarefas de navegação > Wayfinding > Elementos de Referência > Instrumentos > Mapas

Tarefas de navegação > Deslocamento > Independente > Desnatural (com ou sem controle virtual)

Tarefas de navegação > Deslocamento > Dependente > Coloque-me aqui (através do mapa)

Falhas verificadas:

- 1) falta de “rótulos de orientação”, mais especificamente “denominações” para as áreas (salas) do prédio;
- 2) falta de identificação de objetos selecionáveis ou manipuláveis (objetos “portas” mais especificamente); e
- 3) pouca precisão e limitação na navegação através do controle virtual e falta de informação sobre a utilização de um controle secundário (clique mantido do mouse em qualquer parte da janela associado aos direcionamentos para realização do deslocamento).

SELEÇÃO

Indicação > Modo > Simples

Indicação > Forma > Indireta > Cursor

Falhas verificadas:

- 1) falta de característica de “identificação” para a seleção ou falta de “retorno gráfico ou sonoro” para o cursor do mouse na seleção.

MANIPULAÇÃO

Controle do usuário > (Não se aplica, pois se trata de um resultado automático da seleção)

Quadro de Referências > Egocêntrica > (Não se aplica, pois se trata do resultado da seleção)

Manipulação > Automática

Retorno > Gráfico (quadro/segundo)

Retorno > Sonoro

Quadro 6 – Resultado avaliação heurística

4.2 Utilização da Ferramenta

O estudo de caso foi realizado com a finalidade de verificar o funcionamento do procedimento da ferramenta proposta. O processo da ferramenta é dividido em três etapas, conforme apresentado no capítulo 3. A primeira etapa consiste em evidenciar as características predominantes da aplicação como forma de identificar seu **perfil**. O questionário apresentado no Apêndice D (p. 156) tem suas questões respondidas de acordo com a aplicação do estudo de caso. O resultado que deve ser alcançado nesta etapa consiste de um relatório apresentado no Quadro 7.

- O deslocamento é uma tarefa do tipo (1) **Exploração e Manobra**, (1.1)¹ (2) **Independente** com (3) **velocidade constante**, e pode ser (4) **auxiliada por instrumentos** (4.1) do tipo **mapa**
- Existe a necessidade de (5) **seleção**, é (5.1) **simples** de forma (5.2) **indireta** com (5.3) **desseleção automática** (5.4) **sem necessidade de seleção remota**
- A manipulação é (6) **automática** e (7) **não existem tarefas paralelas**
- Trata-se de uma aplicação (9) **cenário** com uma (10) **escala pequena** e (11) **ambiente fechado**
- A interface ocorre através de (12) **técnicas manuais** com (13) **equipamentos com 2 graus de liberdade e interface virtual** através de (14) **controle simples**
- A metáfora de controle para navegação baseia-se em (15) **controle de câmera virtual** (15.1) **com controle virtual para navegação** (16) **sem reconfiguração do controle** (16.1)² de (17) **forma física** (17.1)³
- O quadro de referência do usuário para (18) **navegação é Egocêntrico** e para (19) **seleção e manipulação é Egocêntrico**
- O retorno pode ser (20) **visual e sonoro**

Quadro 7 - Primeira parte de resultados do VIAVirtual (relatório do perfil)

¹ Se houvesse resposta para esta questão, o texto poderia continuar: “de caráter (1.1) **relativo** ou (1.1) **absoluto**”.

² Se a questão anterior confirmasse reconfiguração e controle, haveria resposta para a questão seguinte, com um texto que poderia continuar da seguinte maneira: “(16) **com reconfiguração para troca de controle** acontecendo através de (16.1) **botões para troca de função de controle** ou (16.1) **manipulação através de procedimentos gestuais**”.

³ Se houvesse resposta, o texto poderia continuar: “sendo o controle virtual na forma de (17.1) **botões, raio, cone, cursor 3D**”.

Com o resultado do perfil, uma lista personalizada de **verificações** é desencadeada utilizando somente itens de verificações que possuem *links* preestabelecidos (2ª etapa) (Quadro 8). A lista se resume aos itens hachurados encontrados no Apêndice F (p. 162) e evidencia um número maior de questões sobre navegação. A tarefa de checagem desses itens não deve representar uma tarefa de difícil realização, pois a compreensão da questão é associada ao procedimento de interação existente na aplicação. Na Figura 21 há o exemplo de alguns itens descritos abaixo. Observa-se que “Análise junto à aplicação” significa o processo (mental) utilizado pelo avaliador para interpretar o item de verificação. Esse processo pode,

no entanto, ser representado por uma anotação durante o processo de verificação. Para isso, a ferramenta permite a entrada de informações textuais ou multimídia.

6. Em qualquer lugar do ambiente o usuário pode identificar sua localização ⓘ

Sim Não

ⓘ *Através de mapas ou pontos de referência bem definidos.*

Análise junto à aplicação: O usuário possui o auxílio de um mapa para facilitar o deslocamento entre pontos distantes. Mas ele não apresenta ao usuário sua posição no mundo virtual (Figura 21).



Figura 21 - Mapa de auxílio ao deslocamento entre grandes distâncias

9. O usuário possui informação para chegar ao destino desejado ⓘ

Sim Não

ⓘ *Mesmo que o usuário escolha seu destino baseado no conhecimento sobre um local existente, ele possui informações que o levem a encontrar este destino?*

Análise junto à aplicação: Se o usuário sabe que existe um anfiteatro no prédio, mas não sabe onde ele se encontra, não haverá informação que possa orientá-lo.

25. O usuário pode identificar com facilidade a direção do deslocamento

Sim Não

Análise junto à aplicação: No ambiente externo, o usuário tem facilidade de identificar a direção do deslocamento, mas dentro do prédio, onde não existem janelas que permitam referências externas (principalmente subsolo), podem ocorrer problemas de identificação da direção.

27. O usuário pode se localizar através de um mapa com orientação e posicionamento

Sim Não

Análise junto à aplicação: A única referência que o usuário possui para se localizar são os elementos construtivos. O mapa existente serve apenas para fins de deslocamento por teletransporte e como informativo a respeito do projeto arquitetônico.

28. Os controles virtuais de interface possuem textos com informações a respeito do seu uso

Sim Não

Análise junto à aplicação: A aplicação não oferece informações de ajuda geral e mesmo seus botões de interface não possuem indicações de propósito. Nem mesmo os ícones parecem ser compreensíveis, mas isso só poderia ser verificado diante de um teste direto com usuários (Figura 22).



Figura 22 - Botões da interface virtual sem informações sobre uso

Quadro 8 - Segunda parte do resultado gerado com o VIAVirtual (*checklist* adaptativo)

Na terceira etapa pode ser visualizado o relatório final com as descrições das condições cumpridas e as recomendações sugeridas (Quadro 9). Ele mostra a questão que foi verificada de duas formas. Caso a resposta esteja de acordo com a recomendação referente à apresentação do item de verificação, é feita apenas com uma cópia do seu título. Se ela não cumpre a recomendação, o item de verificação se molda de maneira não-conforme, adicionando um **NÃO** ou grifando a informação de relevância. A identificação do item não-conforme é evidenciada pelo símbolo **!**. O símbolo **R** (**R**ecomendação), utilizado em itens de verificação conformes (**✓**), serve para disponibilizar ao avaliador mais informações a respeito daquele item. As anotações que o avaliador faz dentro do contexto do item de verificação, como foi exemplificado anteriormente, aparecem com o objetivo de tornar o relatório mais consistente e personalizado. Além do texto, a ferramenta implementada deverá permitir a inserção de figuras, vídeos e som para uma melhor identificação do item verificado.

Navegação

✓ O conhecimento de observação é auxiliado por consistência espacial dos espaços **R**

✓ São considerados princípios organizacionais como setorização e estruturas **R**

! O usuário **NÃO** possui informação para chegar ao destino desejado. **Recomenda-se:**

Oferecer informações que auxiliem o usuário a responder a questões como: Onde estou agora? Como devo proceder e me orientar corretamente? Aonde eu quero ir? Como eu chego lá? <<Gabbard Nav5>>

! O ambiente **NÃO** oferece rótulos espaciais para auxílio de localização. **Recomenda-se:**

Incluir rótulos espaciais, pontos de referência e linhas de horizonte, quando apropriado. Rótulos espaciais referem-se às denominações de identificação de ambientes, registros para caminhos já percorridos e padronização de elementos. <<Gabbard Nav4>>

✓ São disponibilizados pontos de referência **R**

✓ O usuário pode identificar uma linha do horizonte no ambiente aberto **R**

! Em qualquer lugar do ambiente o usuário NÃO pode identificar sua localização. Recomenda-se:

Oferecer informações que auxiliem o usuário a responder a questões como: Onde estou agora? Como devo proceder e me orientar corretamente? Aonde eu quero ir? Como eu chego lá? <<Gabbard Nav5>>

Anotação: O usuário possui o auxílio de um mapa para facilitar o deslocamento entre pontos distantes. Mas ele não apresenta ao usuário sua posição no mundo virtual (Figura 21).

! O usuário NÃO pode determinar sua orientação com facilidade. Recomenda-se:

Oferecer informações que auxiliem o usuário a responder a questões como: Onde estou agora? Como devo proceder e me orientar corretamente? Aonde eu quero ir? Como eu chego lá? <<Gabbard Nav5>>

! O usuário NÃO possui informação para chegar no destino desejado. Recomenda-se:

Oferecer informação que auxiliem o usuário a responder a questões como: Onde estou agora? Como devo proceder e me orientar corretamente? Aonde eu quero ir? Como eu chego lá? <<Gabbard Nav5>>

Anotação: Se o usuário sabe que existe um anfiteatro no prédio, mas não sabe onde ele se encontra, não haverá informação que possa orientá-lo.

! A interação com o sistema NÃO ocorre de maneira natural (andar virtual, real ou tarefa similar). Recomenda-se:

Escolher metáforas de controle que estabeleçam ligações naturais com as tarefas espaciais da aplicação. Isso implica o uso de equipamentos apropriados e, por vezes, mais sofisticados. Segundo Gabbard et al. (1999), uma metáfora fraca pode causar problemas de entendimento entre procedimentos no mundo real e virtual. <<Gabbard Nav8>>

! O deslocamento automático (animação) NÃO permite ao usuário identificar e reconhecer o ambiente com uma visualização facilitada (caso a resposta do perfil seja “deslocamento dependente”). Recomenda-se:

Assegurar que animações de ponto a ponto não restrinjam o conhecimento situacional do usuário. Em alguns casos isso pode acarretar problemas, pois oferece uma experiência limitada com relação ao conhecimento espacial obtido, fazendo com que o usuário observe pouco ou quase nada do terreno virtual entre o ponto inicial e o final, fato este que reflete na aprendizagem do espaço. É interessante ressaltar que velocidade e flexibilidade no deslocamento é inversamente proporcional ao conhecimento situacional e o desenvolvimento de mapas cognitivos espaciais. <<Gabbard Nav10>>

✓ **O usuário realiza as tarefas de interação dentro de um espaço confortável (confortavelmente sentado ou dentro de um espaço limitado para manobras) R**

✓ **Como a manipulação é pouco presente na aplicação, o usuário permanece sentado para a realização das outras tarefas R**

! NÃO existe um teletransporte com uma transição suave de relocação. Recomenda-se:

Evitar o uso de teletransporte, mas, se existir, dar preferência a transições suaves para os deslocamentos entre locais.

✓ **O deslocamento se restringe a duas dimensões R**

! O usuário NÃO pode identificar com facilidade a direção do deslocamento. Recomenda-se:

Oferecer indicações de direção do movimento. As interfaces mais apropriadas para tal resultado foram aquelas que ofereciam alguma indicação da direção do movimento (SAYERS et al., 2000). <<Sayers Nav20>>

Anotação: No ambiente externo o usuário tem facilidade de identificar a direção do deslocamento, mas dentro do prédio, onde não existem janelas que permitam referências externas (principalmente subsolo), podem ocorrer problemas de identificação da direção.

! O usuário NÃO pode se localizar através de um mapa com orientação e posicionamento. Recomenda-se:

Disponibilizar mapas do AVs apresentando orientação e posição do usuário. Oferecer um “mapa” do AV mostrando a posição e orientação do usuário. Essa recomendação partiu dos próprios participantes quando questionados sobre como melhorar a interface (técnica comumente encontrada em aplicações de jogos). <<Sayers Nav23>>

Anotação: A única referência que o usuário possui para se localizar são os elementos construtivos. O mapa existente serve apenas para fins de deslocamento por teletransporte e como informativo a respeito do projeto arquitetônico.

! Os controles virtuais de interface NÃO possuem textos com informações a respeito do seu uso. Recomenda-se:

Oferecer elementos de interface intuitivos e de fácil uso. Oferecer botões e ícones intuitivos de fácil uso com textos informativos a respeito do ícone ou botão na interface. <<Sayers Nav24>>

Anotação: A aplicação não oferece informações de ajuda geral e mesmo seus botões de interface não possuem indicações de propósito. Nem mesmo os ícones parecem ser compreensíveis, mas isso só poderia ser verificado diante de um teste direto com usuários (Figura 22).

✓ **Todas as ferramentas virtuais de interface são acessíveis visualmente sem necessidade de atalhos R**

! A taxa de retorno da visualização (quadros por segundo) NÃO é adequada. Recomenda-se:

Oferecer retorno visual instantâneo do deslocamento evitando movimentos rudes como pular ou cair. A inconsistência do movimento causada pela baixa taxa de retorno da visualização (pulos incondicionais) deve ser evitada. <<Sayers Nav26>>

Seleção

✓ **Existe seleção remota de um único objeto, que ocorre de forma indireta R**

✓ **O usuário recebe retorno para a tarefa de seleção principalmente por canal visual R**

! Os objetos de seleção são pequenos e localizados entre vários outros. Recomenda-se:

Utilizar um métodos de seleção do tipo raio e cone, o que significa uma técnica de extensão de apontamento. É importante considerar qual parte do raio ou cone é válida para a intersecção de seleção do objeto. Essa especificação pode ser realizada pelo usuário durante a seleção. O raio pode exigir apenas o controle de profundidade quando a parte válida de de-seleção for a ponta. O cone pode exigir, além da profundidade, o diâmetro de abertura de sua boca. Ao contrário do raio, a técnica por cone possibilita seleções múltiplas. <<Gabbard Sele12>>

Manipulação

✓ **O retorno da ação de manipulação é instantâneo ou conta com um retorno de espera para conclusão da tarefa – Existe um retorno instantâneo da ação do usuário, mesmo que este retorno seja apenas um aviso de espera em vez do resultado esperado R**

✓ **Existe mais de uma forma de retorno para a ação de manipulação R**

! O usuário NÃO pode identificar com facilidade as tarefas a serem realizadas com o objeto (inclusive saber quais objetos são selecionáveis). Recomenda-se:

É importante suportar interface com procedimentos de requisição determinando quais ações estão disponíveis aos objetos. **Requisição é uma forma de solução ligada à interface que permite ao usuário determinar tipos de ações que são disponíveis para determinados objetos.** Esse procedimento oferece ao usuário auxílio na forma de identificar questões como: a) o que posso fazer com este objeto?; b) o objeto possui algum comportamento?; e c) como acionar os comportamentos? A apresentação dos resultados de requisição pode ser uma tarefa mais difícil de ser realizada do que a própria requisição, pois essa atividade depende do tipo de aplicação e da natureza da requisição. A requisição de objetos deve oferecer algum tipo de retorno visual diretamente associado ao objeto em cena (aceso ou contornado); ou, ainda, requisições de informação com retorno do tipo textual no próprio AV podem também ser uma solução apropriada. <<Gabbard Mani12>>

Comentário: Não existe mudança do cursor (retorno gráfico, por exemplo) quando ele intersecta um objeto selecionável (objetos: “portas”, mais especificamente).

Quadro 9 – Resultado final VIAVirtual com relatório de conformidades e recomendações da avaliação

4.3 Comparação de Resultados

O resultado de comparação entre o processo heurístico de avaliação (Quadro 6) e o procedimento proposto para a ferramenta de avaliação (Quadro 9) pode ser dividido em dois grupos. Ambos os resultados identificaram (a) um perfil para os procedimentos de interação e suas variáveis e (b) falhas que comprometem o processo de interação.

A comparação entre os resultados de perfil mostra um conjunto desigual de informações. O resultado alcançado através do processo de avaliação proposto para a ferramenta VIAVirtual é mais coerente e pode ser alcançado de forma dinâmica, metódica e padronizada. Para se alcançar algo semelhante em avaliações heurísticas, é necessário que o avaliador se disponha a realizar a tarefa de realização de relatório cada vez que proceder com a avaliação.

Os resultados que identificam falhas são bem mais visíveis com o processo de avaliação proposto para a ferramenta VIAVirtual. Além de identificar um número maior de falhas, incluindo as que foram identificadas pelo processo heurístico, o relatório de verificação apresenta recomendações que podem ser utilizadas para promover melhorias no processo de interação. A superioridade em número só não é perfeita porque uma das falhas apontadas pela avaliação heurística não foi identificada com o processo da ferramenta proposta. Trata-se da constatação sobre “pouca precisão e limitação na navegação através do controle virtual”. Contudo, a flexibilidade da ferramenta proposta permitiu um ajuste no número de itens de verificação, sendo acrescido um item que verificaria essa falha, inicialmente não planejado. O item de verificação para navegação de número 24 (Apêndice F, p. 162) possui uma recomendação que poderia derivar um segundo item de checagem. Esse novo item questionaria a existência de precisão para a tarefa de deslocamento com o uso de controle virtual. Se houvesse essa questão, todas as falhas apontadas na avaliação heurística teriam sido cobertas pelo processo de avaliação da ferramenta VIAVirtual.

Essa ocorrência sugere e confirma a necessidade de implementação da ferramenta de forma que um especialista possa incluir novas verificações e permitir os cruzamentos necessários entre questões de perfil e item de verificação.

4.4 Conclusão do Capítulo

A realização do estudo de caso é justificada pela necessidade de validação da proposta de funcionamento da ferramenta. Tratando-se de uma proposta de verificação das interações que está integrada a um processo de reconhecimento da aplicação em avaliação, fez-se necessário identificar a validade de aplicabilidade do processo. Realizou-se, portanto, uma comparação de resultados entre uma avaliação heurística, realizada com o auxílio do material de classificações proposto para desenvolvimento do perfil, e o resultado alcançado com o processo de verificação proposto para a ferramenta.

A resposta de utilização do processo proposto mostrou-se apropriada na identificação dos procedimentos de interação e evidência de falhas. Seu funcionamento lógico provou

poder ser aplicado na avaliação de qualquer aplicação de RV, desde que se obedeça ao cumprimento da tarefa de identificação do perfil da aplicação. É importante que essa fase do processo de avaliação ofereça um conjunto de respostas consistente, pois ela possui a tarefa de identificar os itens de verificação relativos à aplicação. Apesar das poucas considerações de adequação do questionário proposto para o perfil, ele atendeu com êxito aos objetivos da ferramenta. Suas questões são apresentadas de forma direta, o que evita a subjetividade das respostas e a dificuldade de interpretação das questões.

A correta identificação dos itens de verificação se mostrou eficaz, eliminando a disponibilização de itens que não atendem ao propósito da aplicação em avaliação. Por exemplo, itens que tratavam de exploração com conhecimento de alvo, trocas de controle, procedimentos de deslocamento com base na cabeça ou corpo, metáforas para seleção e manipulação, etc., foram desconsiderados. Os itens de verificação, para manipulação, por exemplo, foram restringidos pela fraca presença dessa tarefa. Essa personalização de tarefas leva o processo de verificação a concentrar esforços no que é realmente importante de ser verificado, economizando o tempo do avaliador e direcionando o processo de avaliação.

A seqüência estruturada do processo de avaliação permite a elaboração automática e detalhada de relatórios de interação. Esse recurso permite a documentação do projeto de interação com o usuário através de relatórios, o que representa uma sofisticação da ferramenta de avaliação. O texto de descrição funciona por meio de uma base de conhecimento padrão, que pode adaptar qualquer conjunto de respostas e apresentá-las de forma textual e linear. Outras características importantes são a possibilidade de inclusão de descrições e o oferecimento de soluções para as falhas apontadas. Esse recurso permite a documentação do projeto de interação por meio de relatórios detalhados.

5 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada entre desenvolvedores de SRVs apresentou resultados que demonstram preocupações com a avaliação desses sistemas. A surpresa foi identificar que, entre as características mais consideradas no procedimento de avaliação, encontra-se a usabilidade do sistema (15%), seguida pelos procedimentos de interação, com 13%. Entretanto, ao verificar a participação do entrevistado no desenvolvimento do SRV, destaca-se como atribuição de menos importância a tarefa de Especialista em Interface ou Interação com apenas 4%. Mas existe uma preocupação verificada com relação ao desenvolvimento de um PIU, devendo-se sua importância ao fato de compreender e descrever as tarefas e seus procedimentos de realização.

Foi constatado, ainda, que a maioria dos participantes da pesquisa (56%) não conhece nenhuma técnica formal de avaliação, mas, entre os que conhecem, a Análise de Tarefa do Usuário é a mais popular (27%) seguida pelo Processo Cognitivo e Sequencial de Avaliações utilizando conjuntos de técnicas (11%). A Avaliação Formativa e profissional baseada em Guias de Referências não tem grande popularidade, talvez pela inexistência de ferramentas adequadas. Ao ser questionado sobre quais seriam as características de uma técnica de avaliação desejada, o grupo de entrevistados (desenvolvedores e não especialistas de interface) afirmou buscar algo simples e que possa ser utilizado por ele mesmo. Pouca importância foi dada para que o processo ou ferramenta independa de avaliadores especialistas. Outras recomendações são para que a ferramenta possa ser utilizada a qualquer momento do ciclo de vida de desenvolvimento do produto, que responda com rapidez e que independa do projeto financeiro estabelecido. A solução seria identificar um procedimento que pudesse ser utilizado em fases de prototipagem de um projeto iterativo.

Mesmo sendo a segunda característica mais considerada dos procedimentos de interação, a prática é realizada através de **conhecimentos empíricos adquiridos pela própria equipe** ou **que se baseia em resultados de estudos já realizados**. A pesquisa revelou que 67% dizem utilizar algum processo de avaliação, e uma parte muito pequena a aplica na finalização do projeto. A maioria diz utilizar o processo de avaliação durante todo o ciclo de desenvolvimento do sistema. A resposta para o tipo de processo utilizado foi unânime, e 100% dizem utilizar processos informais de avaliação. A parcela de especialistas em interface se divide com a opinião de que 1) é importante e necessário entender as tarefas e definir um projeto de interação e que, 2) apesar de pensar nos procedimentos de interação não é realizado

nenhum projeto. É importante ressaltar que a maioria dos participantes não, possui informações ou conhecimento sobre alguma técnica especial para SRVs, seja na forma de ferramenta, teoria, taxonomia, técnica, ou seja, no processo de avaliação ou inspeção para SRVs. Apenas um especialista em interface diz ter utilizado ferramentas formais no processo de avaliação (ferramentas MAUVE, GOOMS, heurísticas, passeios cognitivos e testes com o usuário).

A minoria dos participantes da pesquisa que diziam conhecer uma técnica formal de avaliação citou os “testes diversos com usuários” como os mais utilizados (avaliação do nível de presença do usuário, entrevistas com os usuários finais, estudo de Interação entre Homem e Máquina (IHM) já utilizados e provas de conceito). O que ocorre, no entanto, é que, apesar de serem citadas técnicas variadas, nada é consolidado ou encontrado em um único lugar com aplicação específica para SRVs.

Ao constatar a necessidade por maior difusão de técnicas de avaliação das interações em AVs, este trabalho buscou enfatizar aquela que se apresentasse adequada às delimitações impostas, como facilidade de uso e produção válida de resultados (que contribui com a identificação de sucessos e insucesso). A escolha recaiu sobre a adaptação de uma técnica tradicional de verificação (*checklist*) que não garante o mesmo nível de qualidade que um especialista profissional pode alcançar no processo de avaliação, mas oferece informações essenciais e de forma rápida para ajustes de problemas isolados.

A usabilidade deveria estar presente na condição de critério de avaliação, o que em sistemas interativos não tradicionais (como SRVs) implicam a utilização de novas abordagens de avaliação, incluindo técnicas e procedimentos. Essa necessidade ocorre porque a aplicação prática de procedimentos tradicionais não ocorre de maneira similar, resultando na realização de abordagens distintas para a identificação das características relacionadas à usabilidade desses sistemas (BOWMAN et al., 2002). Por isso, além de identificar a técnica de *checklist* como solução para uma ferramenta de verificação de SRVs, foi necessário, também, buscar uma abordagem ampla de aplicação considerando a inclusão de processos de apoio à ferramenta que considerassem o critério de usabilidade na avaliação.

A proposta de uma ferramenta para avaliação dos procedimentos de interação em AVs supre a demanda existente nessa área. Sua contribuição é de ordem direta no que se refere ao oferecimento de um processo validado e direcionado ao objetivo da avaliação: procedimentos de interação. **A proposta de um recurso de uso prático e objetivo que possa ser utilizado a qualquer momento do desenvolvimento do produto é uma contribuição que atende às**

necessidades dos entrevistados da pesquisa. Sua aplicação em protótipos permite que o desenvolvimento da aplicação seja acompanhado de perto por uma ferramenta adequada.

Para se chegar ao resultado da ferramenta proposta, foram concluídas três etapas: (a) identificação de um processo simplificado para avaliação de interações; (b) adaptação do processo de avaliação; e (c) validação da proposta. A primeira etapa foi a mais importante, pois, além de identificar o procedimento mais adequado, direcionou a estruturação da ferramenta sugerindo a necessidade de características extras de apoio à ferramenta. Essa necessidade pode ser considerada a segunda etapa de pesquisa, que direcionou esforços para unir variáveis para o desenvolvimento da ferramenta. A solução foi estabelecer um processo de identificação do perfil da aplicação em avaliação (que levou à criação da classificação sobre procedimentos de interação) para, então, gerar listas de verificações (recomendações encontradas na literatura). A associação entre verificação e recomendação possibilita sugestões de melhorias no processo de avaliação caso haja não-conformidades na checagem. As recomendações utilizadas foram geradas por especialistas que investigam a usabilidade das interações e propõem métodos de melhoria desses processos. O resultado deste trabalho de tese é a proposta de uma ferramenta de avaliação das interações de um AV direcionada por um perfil (designado pelo projeto de interação com o usuário) que identifica variáveis de checagem. A proposta está associada a procedimentos de apoio capazes de delinear um perfil de aplicação para verificação personalizada de seus procedimentos de interação. Seu resultado gera um balanço sobre os procedimentos adotados e suas conformidades, de acordo com recomendações de especialistas.

Naturalmente, o trabalho dependeu da mão-de-obra de um profissional da área de interações. O perfil, que é representado por questionário, foi realizado com base no conhecimento sobre o processo de interação e suas implicações. A realização dos itens de verificação dependeu da interpretação das recomendações encontradas na literatura, analisando-as e transformando-as em itens de checagem. A última fase foi estabelecer relações entre questões de perfil e itens de verificação (quais itens de verificação devem ser utilizados dentro do contexto oferecido pelo perfil).

Mesmo se tratando de uma ferramenta com grau de complexidade maior que um *checklist*, é possível identificar que o ponto forte da ferramenta são as verificações personalizadas, que apresentam os resultados de forma consistente e de fácil utilização. A melhoria nos procedimentos de interação pode ser alcançada por meio da análise dos resultados em forma de relatórios e recomendações gerados pela avaliação. Ainda, as verificações são precisas e confiáveis, pois são frutos de recomendações estabelecidas a partir

de resultados de pesquisas publicadas. O uso da ferramenta auxilia também na discussão sobre tópicos confusos, o que propicia o caminho mais direto para a otimização das interações em AV. Outra contribuição refere-se à possibilidade de detectar necessidades de avaliações mais elaboradas, de acordo com o grau de especificidade das respostas alcançadas. Um item de verificação ou recomendação que se apresente de maneira imprecisa ao propósito da aplicação pode servir de tema para uma avaliação mais elaborada, que conte com a presença de um usuário-teste e/ou de um especialista em interface. Eventualmente, uma avaliação com o usuário pode representar um recurso mais adequado para uma identificação mais específica sobre determinado procedimento. Uma contribuição significativa desta tese é a ampliação do escopo da aplicação da teoria de *checklist* através de um procedimento adaptativo dirigido pelo perfil da aplicação.

Concebida para ser implementada na forma de um sistema interativo, a ferramenta conta com um programa de checagem desencadeado por meio de um questionário de identificação da aplicação. Por isso, sua implementação prevê a entrada de novos dados e o cruzamento constante entre item e perfil.

Além da contribuição ligada aos benefícios de uma ferramenta de avaliação dos procedimentos de avaliação, este trabalho contribui também com um material de auxílio para avaliação com técnicas heurísticas. Esse material refere-se à classificação (REBELO, 2004) dos procedimentos de interação proposta para a realização do questionário de perfil e representa uma referência para as áreas de RV e IHC dentro da língua portuguesa.

Os resultados esperados foram alcançados com a disponibilização de um processo que oferecerá uma ferramenta de uso simplificado. Mesmo objetivando identificar as interações do sistema finalizado, a ferramenta pode ser utilizada em etapas finais de desenvolvimento iterativo por prototipagem. O usuário não precisa possuir grande conhecimento sobre conceitos de interação, pois a apresentação da ferramenta é simples e apoiada por glossários extraídos do documento sobre as classificações propostas.

A ferramenta proposta, que se baseia na utilização de guias de recomendações, objetivando oferecer meios para tornar mais usáveis as interações nesses sistemas, pode ser considerada um método formal de avaliação. Ela não possui, entretanto, a pretensão de solucionar de maneira definitiva os problemas de usabilidade encontrados em produtos de RV. Ainda assim, espera-se estar contribuindo, a partir das recomendações sugeridas, para oferecer insumos para novas pesquisas que garantam aspectos de usabilidade de forma ainda mais efetiva. Sua disponibilização oferece um procedimento facilitado àqueles que não possuem a prática da avaliação no ciclo de vida de desenvolvimento de seus sistemas. Espera-

se, entretanto, que isso desperte a necessidade por procedimentos mais elaborados de avaliação, o que garantiria mais qualidade em procedimentos específicos de interação.

Uma última consideração refere-se ao propósito da ferramenta, que não deve ser tomada como treinamento, no intuito de habilitar o avaliador na qualidade de especialista em avaliação dos procedimentos de interação. Mesmo assim, sem dúvida, contribuirá com um aumento de suas habilidades no que diz respeito à tomada de decisões em futuros trabalhos, os quais serão baseados nos resultados de avaliações passadas.

5.1 Limitações

A grande limitação deste trabalho foi a ausência de tempo para implementação da ferramenta proposta. Esse fato decorre da complexidade da proposta, que exige uma lista de verificações com mais opções. Isso depende da análise de um número maior de recomendações encontradas na literatura e, por isso, escolheu-se aplicar a proposta a um estudo de caso para verificar sua validação. Só assim foram identificadas outras questões de ordem prática para o desenvolvimento da ferramenta (eficiência dos resultados gerados a partir do questionário e das listas de verificação).

Outra limitação é a necessidade de um especialista presente na criação das questões de direcionamento do perfil e interpretação das recomendações encontradas na literatura para realização dos itens de checagem. É ele quem identifica as variáveis referentes aos procedimentos de interação genéricos para o questionário de perfil e interpreta as relações (*Links*) entre o questionário e as verificações. O questionário representa uma amostra do conjunto de interações possíveis em SRVs, que pode crescer diante da constatação de novas necessidades. O mesmo ocorre com a classificação sobre os procedimentos de interação, que consistem de um apanhado completo sobre o que existe sobre o assunto, reunindo e analisando o que foi afirmado em publicações para a criação dos itens de verificação.

Quanto à ferramenta, suas limitações estão ligadas à abordagem das listas de verificação, que dependem não apenas do perfil estabelecido pelo questionário inicial, mas da quantidade de recomendações encontradas e transformadas em itens de checagem. Com relação a isso, sugere-se uma implementação flexível para inclusão de novos itens de verificação e suas relações com as questões do perfil, o que facilita o trabalho do especialista que desenvolve a ferramenta. A validação constante do conteúdo da ferramenta proposta (questões de perfil e itens de verificação) deve ser necessária com a evolução de aplicações com RV.

5.2 Trabalhos Futuros

Melhorias devem ser realizadas quanto à qualidade das questões do perfil e quantidade de itens de verificação. A lista de direcionamentos (perfil) representa um trabalho de grande importância, pois deve identificar o contexto da aplicação e suas possíveis interações e variáveis associadas. A interpretação das recomendações encontradas na literatura deve providenciar itens de checagem compreensíveis, que contribuam para a avaliação. O trabalho mais exaustivo, entretanto, fica por conta do cruzamento que origina linhas de direcionamento que partem do perfil dos SRVs. Essas linhas de direcionamento oferecem subsídios para a implementação da ferramenta de verificação, representando a realização da estrutura lógica de malhas: cruzamento de perfil e verificação das interações para a obtenção de resultados finais, com possível apresentação de recomendações. Melhorias na ferramenta podem contar, ainda, com adaptações de questões que tratem sobre novas recomendações a respeito das interações em AVs.

Apesar de extensa, é importante que a classificação proposta para a realização do questionário seja revisada, objetivando sua validação, considerando-se a condição delicada de estruturação dos procedimentos. Essa proposta aborda sutilmente a classificação sobre uma quarta variável de interação, que está incompleta e que apresenta a comunicação que designa condições de diálogo entre usuários de um sistema multiusuário. Sugere-se como trabalho futuro o acréscimo de questões relacionadas a esse termo, objetivando um resultado de perfil e verificações mais abrangentes.

A implementação é, entretanto, o passo mais importante para que haja uma larga utilização da ferramenta. Dessa forma, poderá ocorrer um acompanhamento mais próximo quanto ao uso em diferentes sistemas, possibilitando sua validação e a identificação de novas necessidades para refinamento e implementação de ajustes. Ainda, podem ser realizadas novas comparações quanto a seu benefício perante outras técnicas de avaliação. Outra curiosidade que pode ser verificada é a comparação de resultados do VIAVirtual por dois usuários leigos em interface. Isso pode identificar se a união de recomendações isoladas pode resultar em algo claro e consistente.

6 REFERÊNCIAS

AMÂNCIO, José Luis. Usabilidade em relatórios financeiros também. **Web Insider**, 18 set. 2003, Negócios. Disponível em: <<http://webinsider.uol.com.br/vernoticia.php?id=1883>>. Acesso em: 20 nov. 2003.

APPLE COMPUTER Inc. **Human Interface Guidelines**: The Apple Desktop Interface. Reading, MA: Addison-Wesley, 1987. 144 p.

BALBINO, Fernando Cesar; SILVA, Junia Coutinho A; PENTEADO, Rosângela A. D. O desafio de prover ambientes para EUP e realidade virtual com usabilidade. In: IHC2002 - WORKSHOP SOBRE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS, 5., 2002, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: Elizabeth Furtado e Jair C. Leite, 2002. v. 1. p. 35-353.

BARFIELD, Woodrow; FURNESS Thomas A. (Ed.). **Virtual environments and advanced interface design**. New York: Oxford University Press, 1995. 580 p.

BARROS, Vanessa Tavares de Oliveira. **Avaliação da interface de um aplicativo computacional através de teste de usabilidade, questionário ergonômico e análise gráfica do design**. 2003. 146 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada do Design) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BASTIEN, J. M. C.; SCAPIN, D. L. **Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces**. Rocquencourt, France: INRIA, 1993. 79 p. (Relatório Técnico RT-0156).

BAZERMAN, Max H. **Judgment in Managerial Decision Making**. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. 192 p.

BERNSEN, Niels Ole. Information Mapping in Practice: Rule-based multimodal interface design. In: LEE, John (Ed.). **Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces**. Menlo Park, CA: AAAI Press, 1997. 37 p.

BOWMAN, Douglas A. **Interaction Techniques for Common Tasks in Immersive Virtual Environments**: design, evaluation, and application. 1999. 132 p. Tese (Doutorado em Filosofia em Ciências da Computação) - Georgia Institute of Technology, Geórgia, 1999.

BOWMAN, Doug A. et al. An Introduction to 3-D User Interface Design. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Cambridge, MA, v. 10, n. 1, p. 96-108, Feb. 2001.

BOWMAN, Doug; WINGRAVE, Chadwick A. Design and Evaluation of Menu Systems for Immersive Virtual Environments. In: VIRTUAL REALITY CONFERENCE, 1., 2001, Yokohama, Japan. **Proceedings...** Washington, DC: IEEE Computer Society DL, 2001. p. 149-156.

- BOWMAN, Doug; GABBARD, Joseph L.; HIX, Deborah. A Survey of Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Cambridge, MA, v. 11, n. 4, p. 404-424, Aug. 2002.
- BROOKS, F. P. Grasping Reality through Illusion: Interactive Graphics Serving Science. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 5., 1988, Washington, DC. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1988. p. 1-11.
- COLQUHOUN, Herman. W. J.; MILGRAM, Paul. Dynamic Tethering for Enhanced Remote Control and Navigation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS, 44., 2000. San Diego, CA. **Proceedings...** v. 6. p. 146.
- CRUZ-NEIRA, C.; SANDIN, D. J.; DEFANTI, T. A.; KENYON, R. V.; HART, J. C. The CAVE: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment. **Communications of the ACM**, New York, NY, v. 35, n. 6, p. 64-72, June 1992.
- CYBIS, W. de A. **Ergonomia de Interfaces Homem-Computador**. Apostila para o Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFSC, Florianópolis, 2000. 162 p.
- CYBIS, Walter de Abreu; SCAPIN, Dominique Loui; ANDRES, Daniele Pinto. **Elaboração de listas de verificação de usabilidade**. Florianópolis: LabUtil, 2002a. 20 p. (Parcial 1 do Relatório de pesquisa do projeto Co-Inspeção Avaliativa). Disponível em: <<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/Parcial.doc>>. Acesso em: 15 mar. 2003.
- CYBIS, Walter de Abreu; SCAPIN, Dominique Loui; ANDRES, Daniele Pinto. **Elaboração de Listas de Verificação de Usabilidade para Sites de Comércio Eletrônico**. Florianópolis: LabUtil, 2002b. 20 p. (Parcial 2 do Relatório de pesquisa do projeto Co-Inspeção Avaliativa). Disponível em: <<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/Parcial2.doc>>. Acesso em: 15 mar. 2003
- DARKEN, Rudolph P.; SIBERT, John L. Wayfinding Strategies and Behaviors in Large Virtual Worlds. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 13., 1996, Vancouver, British Columbia, Canada. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1996. p. 142-149.
- DARKEN, Rudolph Poul. **Wayfinding in Large Scale VE**. 1996. 356 p. Tese (Doutorado) - The George Washington University, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Washington, DC, 1996.
- DE SOUZA, C. S.; LEITE, J. C.; PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. Projeto de Interfaces de Usuário: Perspectivas Cognitivas e Semióticas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO - JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EntreLugar, 1999. p.425-476.
- DEDE, C.; SALZMAN, M.; LOFTIN, R.; SPRAGUE, D. Multisensory Immersion as a Modeling Environment for learning Complex Scientific Concepts. In: FEURZEIG, W.; NANCY, R. (Ed.). **Computer Modeling and Simulation in Sciences and Mathematics Education**. New York: Verlag, 1999. p. 282-319.

ELLIS, Stephen R. Origins and Elements of Virtual Environments. In: BARFIELD, W.; FURNESS, Thomas A. (Ed.). **Virtual environments and advanced interface design**. New York: Oxford University Press, 1995. p. 14-57.

FUHRMANN, Sven; MACEACHREN, Alan M. Navigating Desktop GeoVirtual Environments. In: IEEE INFORMATION VISUALIZATION SYMPOSIUM, LATE BREAKING HOT TOPICS, 1999, San Francisco, CA. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Soc. Press, 1999. p. 11-14.

GABBARD, Joseph L. **A taxonomy of Usability characteristics of virtual environments**. 1997. 184 p. Dissertação (Mestrado) - Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, Virginia, 1997.

GABBARD, Joseph; HIX, Deborah. **Usability Engineering for Virtual Environments through a Framework of Usability Characteristics**. Blacksburg, VA: Virginia Polytechnic Institute, 2002. 30 p. (PDF 327K). Disponível em: <<http://iwb.sv.vt.edu/publications/>>. Acesso em: 12 jan. 2002.

GABBARD, Joseph L.; HIX, Deborah; SWAN II, J. Edward. User-Centered Design and Evaluation of Virtual Environments. **IEEE Computer Graphics and Applications**, Los Alamitos, CA, v. 19, n. 6, p. 51-59, Nov./Dec. 1999.

GALITZ, Wilbert O. **The Essential guide to user interface design: an introduction to GUI design principles and technique**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1996. 626 p.

GONZÁLEZ, C. Visual Design of Interaction, Dialog, or Interface. **SIGCHI Bulletin** (ACM Press), New York, NY, v. 27, n. 1, p. 12-13, Jan. 1995.

GUGLIELMETTI, Rob. Microsoft's Flight Simulator 2002 PE. **AVWeb**, Greenwich, CT, volume, 3 março 2002. 8 p. Disponível em: <<http://www.avweb.com/news/reviews/181575-1.html>>. Acesso em: 13 jun. 2003.

HANNAFORD, B.; VENEMA, S. Kinesthetic Display for Remote and Virtual Environments. In: BARFIELD, W.; FURNESS, Thomas A. (Ed.). **Virtual environments and advanced interface design**. New York: Oxford University Press, 1995. p. 415-436.

HIX, D., HARTSON, H. R. **Developing User Interfaces**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1993. 381 p.

HIX, D.; SWAN, E.; GABBARD, J.; MCGEE, M.; DURBIN, J.; KING, T. User-Centered Design and Evaluation of a Real-Time Battlefield Visualization Virtual Environment. In: IEEE VIRTUAL REALITY, 1., 1999, Houston, TX. **Proceedings...** Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, Mar. 1999. p. 96-103.

HIX, Deborah; GABBARD, Joseph. Usability Engineering of Virtual Environments. In: STANNEY, K. (Ed.). **Handbook of Virtual Environments: design, implementation and applications**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2002. p. 681-699.

METÁFORA. In: HOUAISS, Antonio; VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco Manoel de Mello. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 2922 p.

ISO/IEC 9126. ISO/IEC 9126-x (part1, Quality model; part2 External metrics; part3 Internal metrics; part4 Quality in use), International Standard Organization (ISO), Joint Technical Committee, Information Technology, Software Engineering, Product quality 1.ed. Geneva: ISO/IEC, 1996.

JEFFRIES, R.; MILLER, J.; WHARTON, C.; UYEDA, K. User interface evaluation in the real world: a comparison of four techniques. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS: REACHING THROUGH TECHNOLOGY, 8., 1991, New Orleans, Louisiana. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1991. p. 119-124.

JORDAN, P. W.; THOMAS, B.; WEERDMEESTER, B. A.; MCCLELLAND, I. L. (Ed.). **Usability evaluation in industry**. London, UK: Taylor & Francis, 1996. 224 p.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. The simulation heuristic. In: KAHNEMAN, D. A.; SLOVIC, P.; TVERSKY, A. (Ed.). **Judgment under uncertainty: heuristics and biases**. New York: Cambridge University Press, 1982. p. 201-208.

KALAWSKY, R. S. **VRSART**: a tool for evaluating situation awareness in virtual environments. Loughborough, Leicester: Advanced VR Research Centre at Loughborough University, maio 1998a. 9 p. (Relatório de pesquisa AVRRC-JTAP305-020). Disponível em: <<http://www.avrrc.lboro.ac.uk/jtap305/JTAP305technicalreports.html>>. Acesso em: 22 out. 2003.

KALAWSKY, R. S. VRSART A Tool for Evaluation of Contributory Factors Associated with Presence in Spatially Immersive Environments. In: WORKSHOP ON PRESENCE IN SHARED VIRTUAL ENVIRONMENTS, 1., 1998b, BT Labs, UK. **Proceedings...** UCL Computer Science: Publicação eletrônica, junho 1998. Disponível em: <<http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/m.slater/BTWorkshop/>>. Acesso em: 22 out. 2003.

KALAWSKY, Roy. The Validity of Presence as a Reliable Human Performance Metric in Immersive Environments. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PRESENCE, 3., 2000, Delft, The Netherlands. **Proceedings...** Presence-Research: Publicação eletrônica, março 2000. Disponível em: <http://www.presence-research.org/workshop_programme.html> Acesso em: 22 out. 2003.

KAUR, K.; MAIDEN, N.; SUTCLIFFE, A. Design practice and usability problems with virtual environments. In: VIRTUAL REALITY WORLD CONFERENCE, 2., 1996, Stuttgart, Germany. **Proceedings...** Munich, Germany: IDG Conferences seminars. 1996.

KAUR, Kulwinder. **Designing Virtual Environments for Usability**. 1998. 241 p. Tese (Doutorado) - Centre for HCI Design, City University, London, 1998.

KIERAS, David E. A guide to GOMS model usability evaluation using NGOMSL. In: HELANDER, M.; LANDAUER, T.; PRABHU, P. (Ed.). **Handbook of human-computer interaction**. 2. ed. North-Holland: Amsterdam, 1997. p. 733-766.

KEMCZINKI, Avanilde; HOUNSELL, Marcelo da Silva; SUZUKI, Vanessa. **Metodologia de Sistemas para Realidade Virtual**. Laboratório de Realidade Virtual Aplicada - UDESC. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/departamentos/dcc/projetos/metro/index.htm>>. Acessado em: 14 fev. 2004.

KIM, Seahak; HASEGAWA, S.; KOIKE, Yasuharu; SATO, Makoto. Tension Based 7-DOF Force Feedback Device: SPIDAR-G. In: IEEE VIRTUAL REALITY CONFERENCE, 4., 2002, Orlando, Florida. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2002. p. 283-284. Disponível em: <<http://computer.org/proceedings/vr/1492/1492toc.htm>>. Acesso em: 14 abr. 2003

KIRAKOWSKI, Jurek. **Questionnaires in Usability Engineering**: a list of frequently asked questions. 3. ed. Cork, Ireland: HFRG, Human Factors Research Group, 2003, 12 p. Disponível em: <<http://www.ucc.ie/hfrg/resources/qfaq1.html>>. Acesso em: 27 set. 2003.

KOSCIANSKI, André et al. **Guia para utilização das normas sobre avaliação de qualidade de produto de software - ISO/IEC 9126 e ISO/IEC14598**. Curitiba, PR: Associação Brasileira de Normas Técnicas - SC 10 Subcomitê de software, 1999. 65 p. (Guia de compreensão das normas). Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/abntsoftware/guia-versao1.9.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2003.

KRUIJFF, Ernst. **Moving sketches: designing and communicating preliminary design ideas**. 1998. Dissertação (Mestrado) - Utrecht University, Netherlands, 1998.

LABIUTIL Laboratório de Utilizabilidade. Florianópolis, SC: UFSC. Disponível em: <<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/>>. Acesso em: 23 set. 2003

LARVA Laboratório de Realidade Virtual Aplicada. Joinville, SC: UDESC. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/departamentos/dcc/projetos/metro/>>. Acesso em: 23 jan. 2004.

LRV Laboratório de Realidade Virtual (Treinamento via rede, VRML cria novos horizontes para a Internet). Florianópolis, SC: UFSC. Disponível em: <http://www.lrv.ufsc.br/classica/port/menu/Principal_3.htm>. Acesso em: 22 fev. 2003.

MARCUS, A. Metaphor Design in User Interfaces. **The Journal of Computer Documentation ACM/SIGDOC**, New York, NY, v. 22, n. 2, p. 43-57, May 1998.

MAYHEW, Deborah J. **The Usability Engineering Lifecycle**: a practitioner's handbook for user interface design. San Francisco: Morgan Kauffmann, 1999. 542 p.

MARTINS, V. F.; KIRNER, T. G. Processo de Desenvolvimento de Ambientes Virtuais: Definição de um Estudo de Caso. In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL, 1., 1997, São Carlos/SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 1997. p. 119-129.

MERINO, Eugênio. **Apostila de Ergonomia**. Florianópolis: UFSC, 2003. 36 p.

MOÇO, Sueli de Souza. **O uso de cenários como uma técnica de apoio para avaliações ergonômicas de softwares interativos**. 1996. 83 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, mar. 1996.

MOHAGEG, Michael F.; MYERS, Rob; MARRIN, Chris; KENT, Jim; MOTT, David; ISAACS, Paul. A User Interface for Accessing 3D Content on the World Wide Web. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING, 13, 1996, Vancouver, British Columbia, Canada. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1996. p. 466-472.

NICHOLL, A.R.J. O Ambiente que Promove a Inclusão: Conceitos de Acessibilidade e Usabilidade. **Revista Assentamentos Humanos**, Marília, v. 3, n. 2, p. 49-60, dez. 2001.

- NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING, 7., 1990, Seattle, WA. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1990. p. 249-256.
- NIELSEN, J. **Usability Engineering**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1993. 358 p.
- NIELSEN, J. Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING, 11., 1994a, Boston, MA. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1994. p. 152-158.
- NIELSEN, J. Heuristic evaluation. In: NIELSEN, J.; MACK, R. L. (Ed.). **Usability Inspection Method**. John Wiley & Sons, 1994b. p. 25-61.
- NORMAN, D. A. **The Design of Everyday Things**. New York, NY: Doubleday, 1990. 257 p.
- PATERNO, Fabio. **Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications**. London: Springer-Verlag, 2000. 192 p.
- PERFETTI, Christine. Usability Testing Best Practices: An Interview with Rolf Molich. **User Interface Engineering**, publicação online, Middleton, MA, 24 jun. 2003. Disponível em: <http://www.uie.com/articles/molich_interview/>. Acesso em: 11 mar. 2004.
- PERRY, Lynellen D. S.; SMITH, Christopher M.; YANG, Steven. An Investigation of Current Virtual Reality Interfaces. **Crossroads Human Computer Interaction**, New York, NY, v. 3, n. 3, p. 23-28, Apr. 1997. Disponível em: <www.acm.org/crossroads/xrds3-3/vrhci.html>. Acesso em: 11 mar. 2004.
- PETERSON, Barry. **The Influence of Whole-Body Interaction on Wayfinding in Virtual Reality**. 1998. 125 p. Dissertação (Mestrado) - University of Washington, Washington, 1998.
- PIERATTI, Denise. **Usability Techniques: Heuristic Evaluation - A System Checklist**. Local: Xerox Corporation, 1995, 22 p. (Tutorial) Disponível em: <<http://www.stcsig.org/usability/topics/articles/he-checklist.html>>. Acesso em: 17 ago. 2003.
- PINHO, Marcio Serolli. Técnicas de Interação em ambientes tridimensionais. In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL, 3., 2000, Gramado, RS. **Minicurso...** Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br/~pinho/3DInteraction/>>. Acesso em: 17 mar. 2003.
- PINTO, A.; KIRNER, T.; KIRNER, C. Modelagem e Animação de Objetos e Cenários para Ambientes Virtuais Colaborativos. In: WORKSHOP ON VIRTUAL REALITY, 4., 2001, Florianópolis, SC. **Proceedings...** Florianópolis: UFSC, SBC, 2001. p. 190-201.
- POUPYREV, Ivan; WEGHORST, Suzanne; BILLINGHURST, Mark; ICHIKAWA, Tadao A. Framework and Testbed for Studying Manipulation Techniques for Immersive VR. In: VRST SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY SOFTWARE AND TECHNOLOGY, 4., 1997, Lausanne, Switzerland. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1997. p. 21-28.
- POUPYREV, I.; WEGHORST, S.; BILLINGHURST, M.; ICHIKAWA, T. Egocentric Object Manipulation in Virtual Environments: empirical evaluation of interaction techniques. In: COMPUTER GRAPHICS FORUM, 19., 1998, Lisboa. **Proceedings...** Cambridge: University Press, 1998, v. 17, n. 3, 1998. p. 41-52.

PREECE, J. et al. **Human Computer Interaction**. Essex, England: Addison-Wesley, 1994. 775 p.

RASKIN, Jef. **The Human Interface: New directions for Designing Interactive Systems**. New Jersey: Addison-Wesley, 2000. 256 p.

REBELO, I. B.; LUZ, R. P. D. New Technologies Helps to Enhance the Knowledge: Oscar Niemeyer Project. In: VSMM INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL SYSTEMS AND MULTIMEDIA, 4., 1998, Gifu, Japan. **Proceedings...** Netherlands: IOS Press, 1998. p. 286-291.

REBELO, Irla B. **Variáveis dos procedimentos de interação em AVs e recomendações**. Florianópolis: LRV, 2004. Disponível em: <<http://www.lrv.ufsc.br/index.php?destino=61>>. Acesso em: 14 abr. 2004.

REEVES, Wayne. **Learner-Centered Design: A Cognitive View of Managing Complexity in Product, Information, and Environmental Design**. Thousand Oaks, CA: Sage, 1999. 199 p.

RUDDLE, R. A.; PAYNE, S. J.; JONES, D. M. Navigating large-scale virtual environments: What differences occur between helmet-mounted and desk-top displays? **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Cambridge, MA, v. 8, n. 2, p. 157-168, Apr. 1999.

RUDDLE, Roy A.; HOWES, Andrew; PAYNE, Stephen J.; JONES, Dylan M. The effects of hyperlinks on navigation in virtual environments. **International Journal of Human-Computer Studies**, Duluth, MN, v. 53, n. 4, p. 551-581, Oct. 2000.

SALISBURY, J. Kenneth; SRINIVASAN, Mandayam A. Phantom-Based Haptic Interaction with Virtual Objects. **IEEE Computer Graphics and Applications**, Los Alamitos, CA, v. 17, n. 5, p. 6-10, Sept. 1997.

SAMUELS, Lewis. Designing for Usability on a Shoestring. MillenniumPlus. **e-Business Consulting**, publicação online, 3 ago. 2001. Disponível em: <http://www.millenniumplus.com/article_Internet_5.htm>. Acesso em: 7 set. 2003.

SANTOS, Robson. Abordagem Heurística para Avaliação da Usabilidade de Interfaces. In: MORAES, Anamaria de (Ed.). **Design e avaliação de interfaces: ergodesign e interação humano-computador**. Rio de Janeiro, RJ: iUsEr, 2002. p. 59-88.

SAYERS, H. M.; WILSON, S.; Myles, W.; MCNEILL, M. D. J. Navigation in Non-Immersive Virtual Environments. In: UK VR-SIG CONFERENCE, 7., 2000, Glasgow, Scotland. **Proceedings...** Nottingham: University of Nottingham, 2000. p. 43-53. Disponível em: <<http://www.nottingham.ac.uk/~enzrh/VRSIG7Proc/VRSIG7Proc.htm>>. Acesso em: 8 nov. 2003.

SCALET, Danilo. Qualidade de produto de software. In: ENCONTRO DA QUALIDADE DE SOFTWARE ABNT, 1., 2002, Curitiba, PR. **Apresentação...** 76 p.

SEPIN-BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Política de Informática. **Tecnologia da Informação, Qualidade e Produtividade no Setor de Software**. Brasília: SEPIN, 2001. Disponível em:

<<http://www.mct.gov.br/Temas/info/Dsi/Quali2001/Public2001.htm>>. Acesso em: 2 ago. 2003.

SEIDMAN, Gregory. **Layer Model of Widget Architecture**. [Mensagem de lista] Mensagem recebida por <vrml-ui@vag.vrml.org > Disponível em: <<http://zing.ncsl.nist.gov/~gseidman/vrml/ui/layer.html>>. Acesso em: 12 mar. 2001.

SELNER, Cláudio Mir. **Análise de requisitos para sistemas de informações utilizando as ferramentas da qualidade e processos de software**. 1999. 228 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

SHACKEL, B. Usability-Context, framework, definition, design and evaluation. In: SHACKEL, B.; RICHARDSON, S. J. (Ed.). **Human factors for informatics usability**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p. 21-37.

SHACKEL, B. Interview With Brian Shackel. In: PREECE, Jenny et al. **Human Computer Interaction**. Essex, England: Addison-Wesley, 1994. p. 599-600.

SHERMAN, William R.; CRAIG, Alan B. **Understanding Virtual Reality: interface, application, and design**. San Francisco, CA : Morgan Kaufmann, 2003. 582 p.

SHNEIDERMAN, Ben. **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer interaction**. 3. ed. USA: Addison Wesley Longman, 1998. 638 p.

SLATER, M.; USOH, M.; STEED, A. Depth of presence in virtual environments. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Cambridge, MA, v. 3, n. 2, p. 130-144, Apr. 1994.

SLATER, M. Measuring presence: a response to the Witmer and Singer presence questionnaire. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Cambridge, MA, v. 8, n. 5, p. 560-565, Oct. 1999.

SOARES, Cristiano; SILVA, Júnia; PENTEADO, Rosângela. Usability of Virtual Reality Interfaces with Reengineered Systems. In: CONFERENCIA LATINOAMERICANA EN INFORMATICA CLEI, 28., 2002, Montevideo, Uruguay. **Anais...** Montevideo: Mastergraf SRL, 2002. 1 CD-ROM.

SRINIVASAN, M. A.; BEAUREGARD, G. L.; BROCK, D. The Impact of Visual Information on the Haptic Perception of Stiffness in Virtual Environments. In: DYNAMIC SYSTEMS AND CONTROL DIVISION, SYMPOSIUM ON HAPTIC INTERFACES FOR VIRTUAL ENVIRONMENT AND TELEOPERATOR SYSTEMS, 5., 1996, Atlanta, GA. **Proceedings...** Atlanta: ASME, 1996. v. 58, p. 555-559.

STANNEY, Kay M.; MOLLAGHASEMI, Mansoor; REEVES, Leah; BREUX, Robert; GRAEBER, David A. Usability engineering of virtual environments (VEs): identifying multiple criteria that drive effective VE system design. **International Journal of Human-Computer Studies**, Duluth, MN, v. 58, n. 4, p. 447-481, Apr. 2003.

STANTON, Neville; YOUNG, Mark. Ergonomics methods in consumer products design and evaluation. In: BLAIR, Sean; STANTON, Neville (Ed.). **Human Factors in Consumer Products**. Philadelphia: Taylor & Francis, 1998. p. 21-53.

STOEV, Stanislav L.; SCHMALSTIEG, Dieter; STRASSER, Wolfgang. Two-Handed Through-the-Lens-Techniques for Navigation in Virtual Environments. In: EUROGRAPHICS WORKSHOP ON VIRTUAL ENVIRONMENTS, 7., 2001, Stuttgart, Germany. **Proceedings...** Europa: Springer Verlag, 2001. p. 51-60.

STUART, Rory. **The Design of Virtual Environments**. Pensilvania: McGraw-Hill, 1996. 274 p.

TAN, Desney S.; ROBERTSON, George G.; CZERWINSKI, Mary. Exploring 3D Navigation: Combining Speed-coupled Flying with Orbiting. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 18., 2001, Seattle, Washington. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 2001. p. 418-425.

TESFAZGI, Samson Habte. **Survey on Behavioral Observation Methods in Virtual Environments**. Wageningen, Netherlands: Delft University of Technology - Faculty of Information Technology and Systems, 2003. 54 p. (ID No. 1031023). Disponível em: <<http://graphics.tudelft.nl/~vrphobia/research-samson.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2003.

VILLAS-BOAS, André. Normas Publicadas In: REUNIÃO DO PBQD - Subcomitê de Software da ABNT, julho 2003, Indaiatuba. **Apresentação...** 18 p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/Temas/info/Dsi/PBQP/Reuniao_Indaiatuba/NormalizacaoSW2002.pdf> . Acesso em: 29 set. 2003.

WARE, Colin; FLEET, Daniel. Context Sensitive Flying Interface. In: SYMPOSIUM ON INTERACTIVE 3D GRAPHICS, 5., 1997, Providence, RI. **Proceedings...** New York: ACM SIGGRAPH, 1997. p. 127-130.

WICKENS, C. D.; LIANG, C.; PREVETT, T.; OLMOS, O. Egocentric and exocentric displays for terminal area navigation. In: HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY, 38., 1994, Nashville, Tennessee. **Proceedings...** Santa Monica, CA: HFES, 1994. v. 1, p. 16-20.

WICKENS, Christopher D.; THOMAS, Lisa C.; MERLO, James. **Immersion and Battlefield Visualization: Frame of Reference Effects on Navigation Tasks and Cognitive Tunneling**. Illinois: University of Illinois - Aviation Research Lab, 1997. 44 p. (ARL-99-3/FED-LAB-99-2).

WINN, William. **A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality**. Washington: University of Washington - Human Interface Technology Laboratory - Washington Technology Center, 1993. 12 p. (TR-93-9). Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>>. Acesso em: 10 jul. 2003.

WITMER, B., SINGER, M. Measuring presence in virtual environment: a presence questionnaire. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Cambridge, MA, v. 7, n. 3, p. 225-240, June 1998.

WITMER, Bob G.; SADOWSKI, Wallace J.; FINKELSTEIN, Neal M. VE-Based Training Strategies for Acquiring Survey Knowledge. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Cambridge, MA, v. 11, n. 1, p. 1-18, Feb. 2002.

WODTKE, Christina. **Information Architecture: Blueprints for the Web**. Indianapolis: New Riders, 2002. 368 p.

7 Apêndices

7.1 Apêndice A - NORMAS DE QUALIDADE

1. COMPETÊNCIAS DAS NORMAS 14598 E 9126 E A NOVA SÉRIE SQUARE

Koscianski (1999)* apresenta as competências referentes às normas ISO/IEC 14598¹ e 9126 de acordo com o Quadro 10. A relação entre as duas normas é de ordem classificatória. A antiga ISO/IEC 9126:1991 a ser interpretada através do conjunto de normas ISO/IEC 9126 (qualidade do produto de software) e ISO/IEC 14598 (avaliação do produto de software).

ISO/IEC 9126	Tecnologia da Informação - Métricas e Características da Qualidade de Software
ISO/IEC 9126-1	Modelo de qualidade, características e sub-características de qualidade
ISO/IEC 9126-2	Métricas Externas
ISO/IEC 9126-3	Métricas Internas
ISO/IEC 9126-4	Métricas da Qualidade em Uso
ISO/IEC 14598	Tecnologia da Informação - Avaliação do Produto de Software
ISO/IEC 14598-1	Visão geral desta norma, relações entre si e com a norma 9126
ISO/IEC 14598-2	Planejamento e Gestão
ISO/IEC 14598-3	Processo para desenvolvedores
ISO/IEC 14598-4	Processo para adquirentes
ISO/IEC 14598-5	Processo para avaliadores
ISO/IEC 14598-6	Documentação e avaliação de módulos

Quadro 10 – Competências das normas 14598 e 9126. Fonte: Koscianski (1999) *

A apresentação da versão mais nova da norma 9126 passa a ser dividida em 4 partes em 1998. A quarta parte refere-se às métricas de qualidade em uso e tal inclusão representa o esforço de aplicar melhoramentos à esta norma.

Entretanto, apesar do sucesso mundial da primeira versão publicada em 1991, o novo conjunto de normas não foi largamente empregado devido dificuldades de assimilação de seus números pouco correlatos², bem como o uso independente dos processos que compromete o **ciclo de vida**³ de ambas séries, criando inconstância entre as normas. Apareceram então problemas de ordem de aplicabilidade dos modelos de qualidade e suas métricas, o que serviu de estopim para uma nova modificação das normas. A solução deu-se através de um novo julgamento de que “*avaliação de qualidade é possível e significativo apenas quando requerimentos de qualidade são claramente especificados*” (AZUMA, 2001)⁴. Desta maneira as características de qualidade e suas métricas associadas deveriam ser úteis não apenas para a avaliação de produto, mas também para definição de requerimentos de qualidade.

Nova série SQuaRE

Para Azuma (2001) uma boa arquitetura é necessária para que haja uma fácil identificação da norma e de seus guias e proporcionar facilidade para lembrar a série de padrões. Por isso uma nova proposta sugere a consolidação das duas séries através da criação de um conjunto de variáveis dos modelos de referência, terminologia, definições e guias de uso prático. A nova série conhecida por ISO/IEC 9126 (SQuaRE - *Software Quality*

* Esta referências encontra-se na seção de referências deste trabalho (Capítulo 6, p. 120).

¹ ISO/IEC 14598 (1-6) International Standard Organization (ISO). Joint Technical Committee (JTC1), Information Technology, Software Engineering, Product Quality, Genève: ISO/IEC, 1998.

² Refere-se ao uso em paralelo da outras norma que dão suporte à 9126, como por exemplo a 14598.

³ Ciclo de vida refere-se ao processo completo relacionado a um produto, desde sua concepção (projeto) até sua dispensa (descarte ou reaproveitamento). Está relacionado com o modelo de gestão escolhido para o desenvolvimento do produto que determinará suas chances de sucesso.

⁴ AZUMA, Motoei . SQuaRE: The next generation of the ISO/IEC 9126 and 14598 International Standards Series on Software product quality. European Software Control and Metrics, ESCOM 2001: London. April. 2001.

Requirements and Evaluation - Requerimentos e Avaliação de Qualidade de Software), foi desenvolvida em 1999 e refinada em maio de 2000.

O SQuaRE tem como conceito chave a satisfação das necessidades do cliente que pode ser alcançada através de uma visão do **ciclo de vida** das métricas e medidas e através de um modelo de qualidade de gerenciamento. Assegurar a qualidade de software depende do cumprimento de dois aspectos que se referem ao produto e ao processo. O SQuaRE se preocupa em alcançar a qualidade do produto.

2. NORMAS PUBLICADAS NO BRASIL E OUTROS MODELOS DE QUALIDADE

Este conjunto de técnicas e métodos se encarrega de oferecer subsídios para o processo de avaliação de produto de software prevendo planejamento, desenvolvimento, controle e técnicas de avaliação. O quadro a seguir apresenta as normas publicadas no Brasil. Com referência ao qualidade de software.

NBR 13596:1996	Tecnologia de informação - avaliação de produto de software - Características de qualidade e diretrizes para o seu uso (em referência a ISO/IEC 9126:1991)
NBR ISO/IEC 12119:1998	Tecnologia de informação - Pacotes de Software - Testes e Requisitos de Qualidade
NBR ISO/IEC 12207:1998	Tecnologia da Informação - Processos do Ciclo de Vida de Software
NBR ISO/IEC 9075:1998	Tecnologia da Informação - Linguagem de Banco de Dados – SQL
NBR ISO/IEC 14598-1-2001	Tecnologia de Informação - Avaliação de produtos de software Parte 1 - Visão Geral
NBR ISO/IEC 14598-2:2003	Engenharia de software – Avaliação de produto - Parte 2: Planejamento e gestão
NBR ISO/IEC 14598-3 :2003	Engenharia de Software - Avaliação de produto - Parte 3: Processo para desenvolvedores
NBR ISO/IEC 14598-4:2003	Engenharia de software – Avaliação de produto - Parte 4: Processo para adquirentes
NBR ISO/IEC 14598-5:2001	Tecnologia de informação - Avaliação de produto de Software - Parte 5: Processo para avaliadores
NBR ISO/IEC 14598-6:2001	Engenharia de Software - Avaliação de produto - Parte 5: Documentação e avaliação de módulos
NBR ISO/IEC 14102:2002	Tecnologia de informação – Orientação para avaliação e seleção de ferramentas CASE
NBR ISO/IEC 9126-1:2003	Engenharia de software – Qualidade de produto - Parte 1: Modelo de qualidade. Esta norma cancela e substitui a NBR 13596:1996 (Villas-Boas, 2003)

Quadro 11 – Normas publicadas no Brasil. Fonte (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT)

Além da norma 9126 outros modelos de qualidade oferecem estruturas produtivas, de controle e acompanhamento para a verificação da qualidade de software. São processos que igualmente se preocupam com o ciclo de vida e gestão do projeto e desenvolvimento.

Outros modelos de qualidade :

Outros modelos também proporcionam meios para o exercício gerencial do processo, especificando atitudes e ações esperadas além de condições para o aprimoramento contínuo dos processos inerentes à produção de software (JAMIL, 1997)⁵. Estes modelos possuem como base de qualquer processo de qualidade, o ciclo de produção assistida PDCA (*Plan, Do, Check, Act* - planejar, fazer, verificar, agir). Mas a escolha do processo mais eficiente deve

⁵ JAMIL, G.; SOUZA, Hélder S.; ALBUQUERQUE, Jones O. Modelos de Gerência de Produção de Software, UFMG, 1997.

levar em conta as necessidades e características do produto abordadas por cada modelo de maneira diferenciada. Alguns destes modelos são:

- **CMM** (*Capability Maturity Modelo*): Caracteriza-se por níveis de maturidade (inicial, repetição, definição, gerencial, otimização e madura);
- **SPICE** (*Software Process Improvement and Capability Determination*): Dividido em instâncias obedece processos de planejamento, gerência, acompanhamento, monitoramento, controle, fornecimento, desenvolvimento, operação, evolução e suporte do software;
- **TRILLIUM**: Também considera as condições do processo de maturidade do produto, mas peca ao focar mais o produto que o processo. Ainda diferencia do CMM por possuir mais envolvimento e interação com fornecedores;

A ISO 9000-3 também é referenciada como modelo de qualidade com a tarefa de determinar gerência e padrões de garantia de conformidade compreendendo a qualidade de atividades do ciclo de vida e atividades de suporte para o projeto ou produto. Ela deve ser utilizada no desenvolvimento, suporte, instalação e manutenção de software. Trata-se de versão expandida da ISO 9001:1994 com novos textos de referências a softwares. A família ISO 9000 foi originalmente concebida para o setor de manufatura mas é aplicável à indústria em geral e ao setor de serviços de todas as naturezas (Côrtes, 1998)⁶.

3. QUESTÕES ATRIBUÍDAS À QUALIDADE DE SOFTWARE ISO 9126

O quadro completo a seguir apresenta as questões atribuídas às características e sub-características da qualidade de software correspondente à ISO 9126. Atribuir questões relevantes oferece subsídio para a compreensão de seus objetivos.

Característica	Sub-característica	Pergunta chave
Funcionalidade: É o conjunto de atributos que evidenciam a existência de funções e suas propriedades especificadas. Estas funções devem satisfazer às necessidades explícitas ou implícitas. Atende as necessidades explícitas e implícitas?	Adequação: atributos do software que evidenciam a presença de um conjunto de funções e sua apropriação para as tarefas especificadas.	Propõe-se a fazer o que é apropriado?
	Acurácia: atributos do software que evidenciam a geração de resultados ou efeitos corretos ou conforme acordados	Faz o que foi proposto de forma correta?
	Interoperabilidade: atributos de software que evidenciam sua capacidade de interagir com sistemas especificados	Interage com os sistemas especificados?
	Conformidade: atributos do software que fazem com que o software esteja de acordo com as normas, convenções ou regulamentações previstas em leis e descrições similares, relacionadas à aplicação. também significa que está em harmonia com padrões ou convenções relacionados à portabilidade	Está de acordo com as normas, convenções e regulamentações?
	Segurança de acesso: atributos do software que evidenciam sua capacidade de evitar o acesso não	Evita acesso não autorizado a programas e dados?

⁶ CÔRTEES, Mario L. Modelos de Qualidade de SOFTWARE, INF310, 1998.

	autorizado, acidental ou deliberado, a programas e dados	
Confiabilidade: Conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do software de manter seu nível de desempenho sob condições estabelecidas durante um período de tempo estabelecido É imune a falhas?	Maturidade: atributos de software que evidenciam a frequência de falhas por defeitos no software	Com que frequência apresenta falhas?
	Tolerância a falhas: atributos do software que evidenciam sua capacidade em manter um nível de desempenho especificado nos casos de falhas no software ou de violação nas interfaces especificadas	Ocorrendo falhas, como ele reage?
	Recuperabilidade: atributos de software que evidenciam sua capacidade de restabelecer seu nível de desempenho e recuperar os dados diretamente afetados, em caso de falha, e o tempo e esforço necessário para tal	É capaz de recuperar dados após falha?
Usabilidade: Conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para se poder utilizar o software, bem como o julgamento individual desse uso, por um conjunto explícito ou implícito de usuários É fácil de utilizar?	Inteligibilidade: atributos do software que evidenciam o esforço do usuário para reconhecer o conceito lógico e sua aplicabilidade	É fácil entender os conceitos?
	Aprensibilidade: atributos do software que evidenciam o esforço do usuário para aprender sua aplicação (por exemplo: controle de operação, entradas, saídas)	É fácil aprender a usar?
	Operacionalidade: atributos do software que evidenciam o esforço do usuário para sua operação e controle de sua operação	É fácil operar e controlar?
	Atratividade: evidencia a satisfação subjetiva do usuário durante o uso	O usuário se sente satisfeito com o uso do sistema?
	Conformidade: atributos do software que fazem com que o software esteja de acordo com as normas, convenções ou regulamentações previstas em leis e descrições similares, relacionadas à aplicação. também significa que está em harmonia com padrões ou convenções relacionados à portabilidade	Está de acordo com as normas, convenções e regulamentações?
Eficiência: Representa o conjunto de atributos que evidenciam o relacionamento entre o nível de desempenho do software e a quantidade de recursos usados, sob condições estabelecidas É rápido e "enxuto"?	Comportamento em relação ao tempo: atributos do software que evidenciam seu tempo de resposta, tempo de processamento e velocidade na execução de suas funções	Qual é o tempo de resposta e de processamento?
	Comportamento em relação a recursos: atributos do software que evidenciam a quantidade de recursos usados e a duração de seu uso na execução de suas tarefa	Quanto recurso utiliza?
Manutenibilidade: Conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para fazer	Analisabilidade: atributos do software que evidenciam o esforço necessário para diagnosticar	É fácil encontrar uma falha, quando ocorre?

modificações especificadas no software É fácil de alterar?	deficiências ou causas de falhas, ou para identificar partes a serem modificadas	
	Modificabilidade: atributos de software que evidenciam o esforço necessário para modificá-lo, remover seus defeitos ou adaptá-lo a mudanças ambientais	É fácil modificar e remover defeitos?
	Estabilidade: atributos de software que evidenciam o risco de efeitos inesperados ocasionados por modificações	Há grande risco quando se faz alterações?
	Testabilidade: atributos de software que evidenciam o esforço necessário para validar o software modificado	É fácil testar quando se faz alterações?
Portabilidade: Conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do software ser transferido de um ambiente para outro É fácil de utilizar em outro ambiente?	Adaptabilidade: atributos do software que evidenciam sua capacidade de ser adaptado a ambientes diferentes especificados, sem a necessidade de aplicação de outras ações ou meio além daqueles fornecidos para esta finalidade pelo software considerado	É fácil adaptar a outros ambientes?
	Capacidade para ser instalado: atributos do software que evidenciam o esforço necessário para sua instalação num ambiente especificado	É fácil instalar em outros ambientes?
	Conformidade (quanto à portabilidade): atributos do software que identificam o nível de padronização no que se refere à portabilidade	Está de acordo com padrões ou convenções de portabilidade?
	Capacidade para substituir: atributos do software que evidenciam sua capacidade e esforço necessário para substituir um outro software, no ambiente estabelecido para esse outro software	É fácil substituir por outro software?

Quadro 12 - Características, subcaracterísticas e questões chave para determinar a avaliação.

Obs.: Os termos da norma brasileira são traduções especificadas pela ABNT. As equivalências para as sub-características de usabilidade são: *Understandability* = Inteligibilidade; *Learnability* = Apreensibilidade; *Operability* = Operacionalidade; *Attractiveness* = Atratividade; *Compliance* = Conformidade.

7.2 Apêndice B - QUESTIONÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO

Resultados do questionário sobre avaliação de sistemas de Realidade Virtual

Este questionário foi desenvolvido com objetivo de coletar dados que pudessem corroborar a hipótese de que pouca atenção é dada aos procedimentos de avaliação com base em normas já estabelecidas. Além desta hipótese busca-se saber também quais seriam as formas de avaliação mais utilizadas em projetos de sistemas de realidade virtual (SVR).

O questionário foi enviado para listas de discussão de RV e afins bem como para endereços relacionados à grupos de pesquisa listados no CNPq na área de realidade virtual e afins. Foram contatados diretamente aproximadamente 300 endereços. Entretanto muitos deles não existiam ou por algum motivo não foram enviados. O retorno dos questionário ficou por volta dos 10% somando 33 questionários respondidos. Esta é a amostra significativa desta pesquisa. Os questionários forma recebidos dentro de um prazo de 3 meses.

Os resultados se apresentam dentro de três grandes áreas: apresentação do entrevistado com perguntas pessoais sobre formação, atribuições e participação em sistemas de RV e questionamento sobre o uso de dispositivos nos Sistemas de Realidade Virtual (SRV). A segunda parte considera a apropriação de meios para a geração de projetos de interação com o usuário (PIU). E a terceira parte se concentra em buscar informações sobre o uso e conhecimento de técnicas de avaliação em especial as que são utilizadas em SRV.

O procedimento metodológico para análise das respostas contou com uma classificação dos resultados em forma de tabela Excel para então serem contabilizados e analisados. Muitas respostas permitiam mais de uma opção de resposta e por isso alguns resultados não representam o total da amostra de 33 questionários respondidos e sim a opção mais escolhida dentro do conjunto de respostas.

1. Entrevistado e seu grupo de pesquisa

O primeiro conjunto de questões apresenta o entrevistado e sua participação no desenvolvimento de SRV representando as questões de número 1 a 5. A questão de número 1 refere-se a formação do entrevistado. Verificou-se um grande índice de pesquisadores com mestrado e doutorado que somados perfazem 64% das declarações. As demais afirmações quanto à formação é representada basicamente por graduados e técnicos.

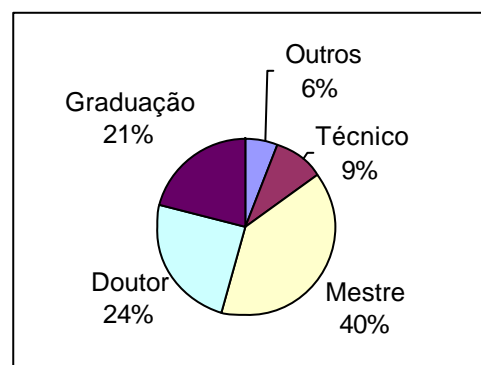


Figura 23 - Formação dos desenvolvedores de SVRs

A questão de número 2 determinou a participação do entrevistado no desenvolvimento de sistemas de RV. A opção outros refere-se à pesquisador, Arquitetura de Personagens Virtuais, Artista plástica usando a RV para construção de ambientes imersivos, Orientador e Especialista em dispositivos de interação. Verifica-se no gráfico que a atribuição de

programador (30%) é a mais destacada seguida por projetista / analista (22%) e coordenadores de projeto (20%). **Destaque especial para as atribuição de menos importância: Especialista em Interface com apenas 4%.**

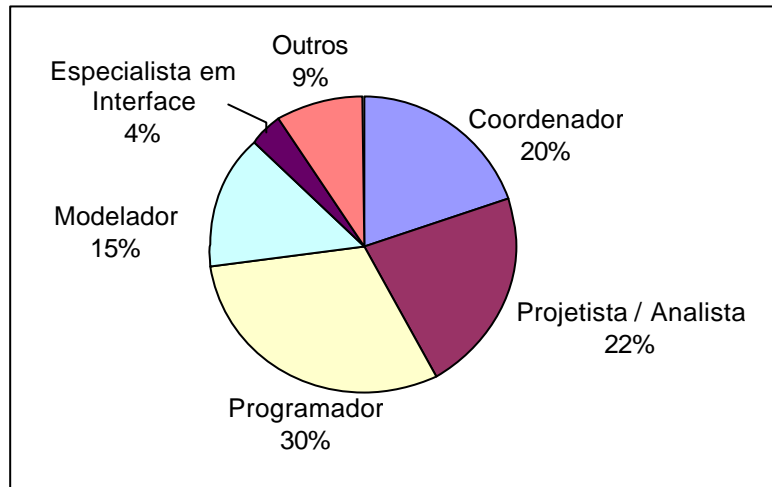


Figura 24 – Tarefas atribuídas aos desenvolvedores

A questão de número 3 ofereceu subsídio para determinar em quais projetos o entrevistado já teve algum tipo de participação ativa (**pesquisa ou comercialização**) e em quais áreas se aplicam tais projetos. A opção outros refere-se à Ambientes para testes de métodos de Sincronização para RV, Processos Industriais, Alimentos, Simulação, Desenvolvimento de Plataformas de HW e Sistemas de Visualização, Ferramenta para desenvolvimento de interfaces com RV, Simulação Científica, Informação Design. A opção arquitetura e urbanismo contém também a área de patrimônio histórico.

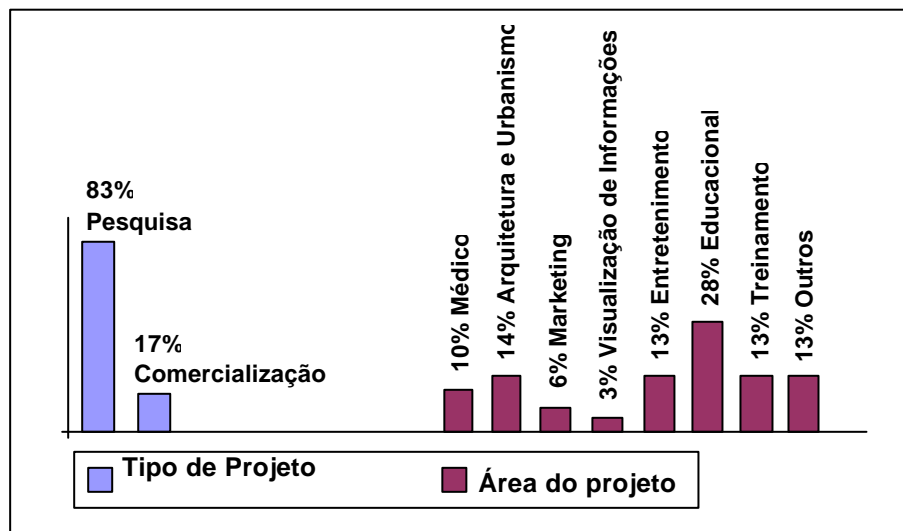


Figura 25 - Tipos e áreas de SRVs desenvolvidos no Brasil

A questão de número 4 requisitou informações sobre os processos desenvolvidos pelo entrevistado ou por sua equipe de desenvolvimento. Existe uma pequena predominância da tarefa de modelagem tridimensional (19%) seguido por um empate (17%) entre as tarefas de programação, projeto do sistema e projeto de interação com o usuário (PUI). Não foi questionado sobre o tipo de tarefa do PUI. **Verifica-se que apesar de existirem poucos desenvolvedores com a atribuição de *especialista em interface* a tarefa de PIU tem grande peso dentre os processos de desenvolvimento.**

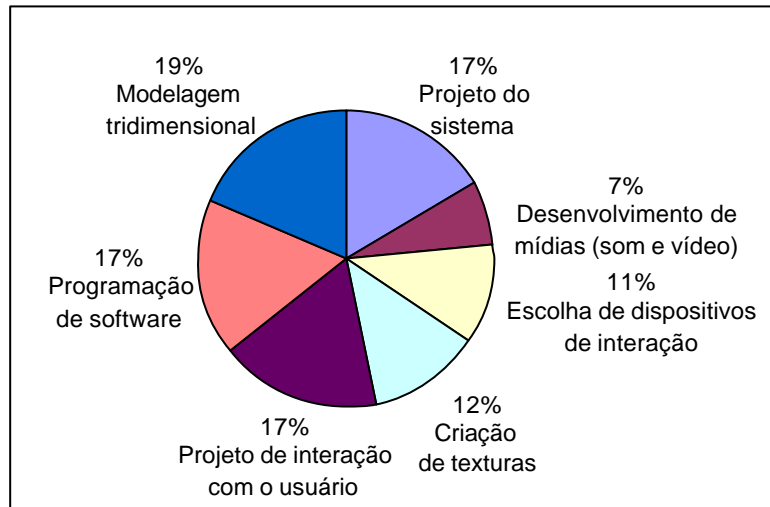


Figura 26 - Processos realizados no desenvolvimento de SVR

Na questão de número 5 foi possível identificar o conjunto de equipamentos escolhidos para os sistemas desenvolvidos. Existe uma predominância exorbitante no uso de monitor e mouse (42%). Dentre o restante sobressai o uso de óculos estereoscópicos (14%) seguido de luvas (9%) e dispositivos manuais como *joystick*, *cyberpuck*, *spaceball*). A opção outros refere-se à equipamentos como projetores, *joypads*, teclado, equipamentos médicos adaptados com rastreadores e PDAs. Apenas um entrevistado ofereceu a informação de que suas interfaces podem ser ampliadas para outros equipamentos.

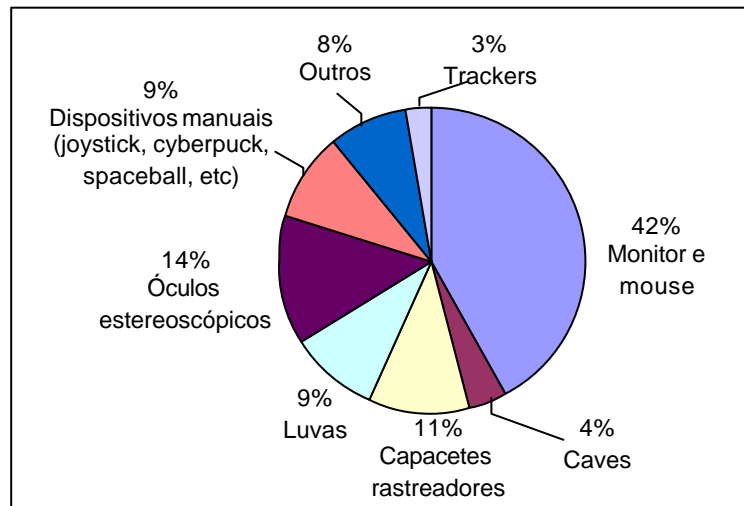


Figura 27 - Dispositivos mais utilizados em SRVs

2. Projeto de Interação com o Usuário

As questões de número 6 a 9 oferecem subsídios para identificar como são gerados, projetados ou estabelecidos os procedimentos de interação utilizados pelo entrevistado ou sua equipe nos projetos de RV.

Na questão de número 6 foram identificados os meios de decisão para a realização dos procedimentos de interações do sistema. Verificou-se que **56% dos entrevistados utilizam conhecimentos empíricos adquiridos pela própria equipe ao longo do tempo** enquanto **36% se baseiam em resultados de estudos já realizados**. Apenas 8% diz não conhecer alguma técnica de apoio à tomada de decisão.

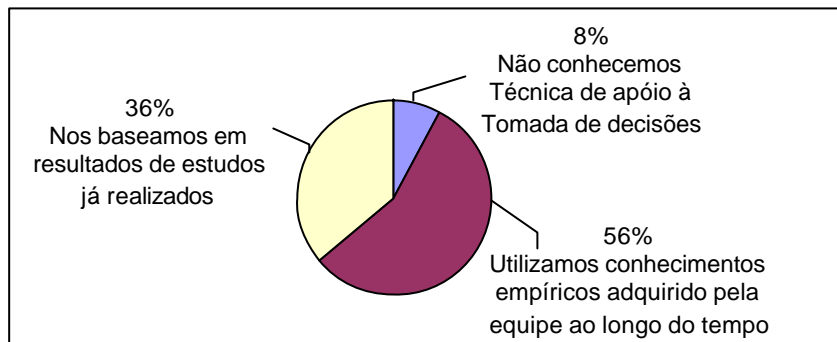


Figura 28 -Conhecimento sobre recursos para Projeto de Interação com o usuário

A questão de número 7 demonstra resultado referente à etapa de realização do PIU. A maioria diz realizá-la do início ao fim do projeto e implementação (49%) fazendo disto um procedimento de preocupação contínua durante o projeto e implementação do SRV. Dos entrevistados 40% diz preocupar-se apenas no início do projeto e 11% apenas quando o projeto encontra-se em fase de implementação.

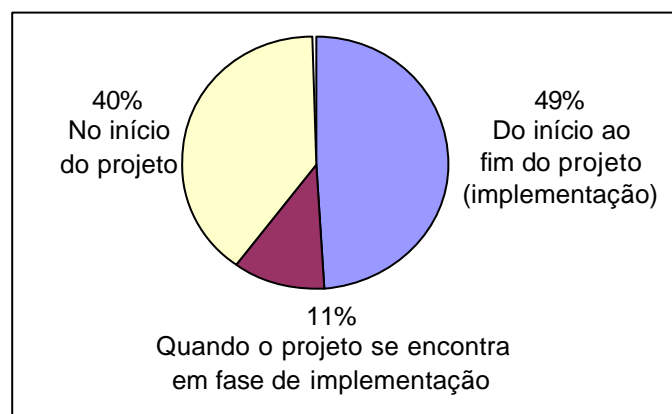


Figura 29 - Etapa de realização do PIU

Na questão de número 8 demonstra preocupação com a importância do desenvolvimento de um PIU. O total de 64% dos entrevistados diz ser comum o desenvolvimento de PIU tendo como motivos mais citados (56%) a importância quanto à compreensão e descrição das tarefas e seus procedimentos de realização. É importante destacar que **13% dos entrevistados acreditam na importância dos procedimentos de interação mas não realizamos um projeto** e que **11% não se preocupam pois os sistemas são “não imersivos” e dependem unicamente do uso de mouse e monitor, onde os procedimentos de interação são triviais. Esta afirmação é incoerente uma vez o uso de mouse, monitor e teclado também não elimina a possibilidade de estudos de interação com o AV, as quais podem ser apresentados ao usuário através de diferentes metáforas de controle manual.** 13% não conhece nenhuma ferramenta ou técnica de auxílio para este tipo de projeto, 5% conhece ferramentas ou teorias mas não possui domínio para utilizá-la e 2% não sabe como fazer.

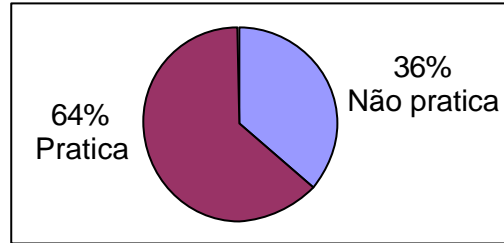


Figura 30 – Prática habitual de desenvolvimento do PIU

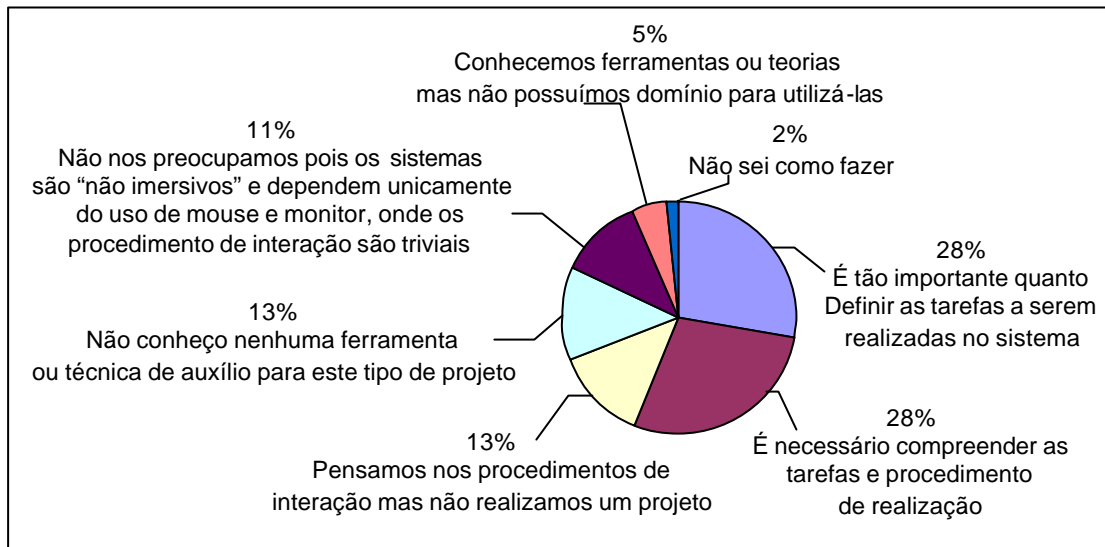


Figura 31 – Importância dada ao desenvolvimento do PIU

A questão de número 9 avalia em que fase é realizado (ou planejado) o projeto de interação com o usuário. 46% diz ser um processo contínuo que se aplica à várias fases do projeto.

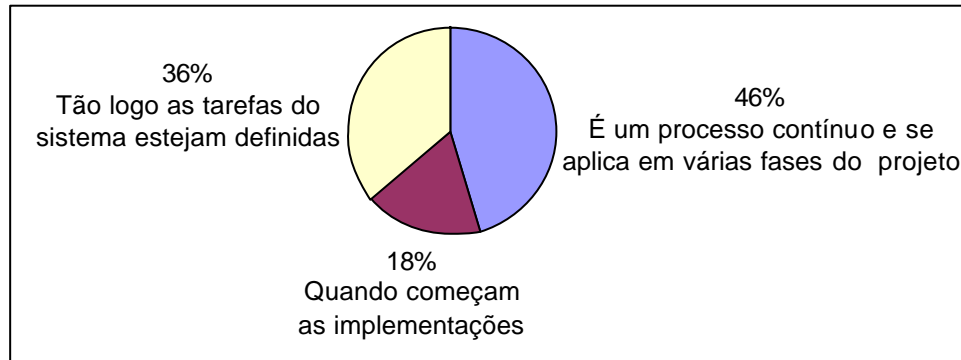


Figura 32 - Fase em que é realizado o planejamento do PIU

3. Conhecimento e uso de avaliações

As questões de 10 a 19 referem-se a procedimentos de avaliação utilizados eventualmente em SRVs.

A questão de número 10 refere-se ao uso ou conhecimento de alguma ferramenta, teoria, taxonomia, técnica ou processo de avaliação ou inspeção para SRVs. **Verifica-se que a maioria não conhece ou ouviu falar de alguma técnica especial para SRVs, enquanto que o restante ou (a) conhece ou (b) já ouviu falar mas não conhece.**

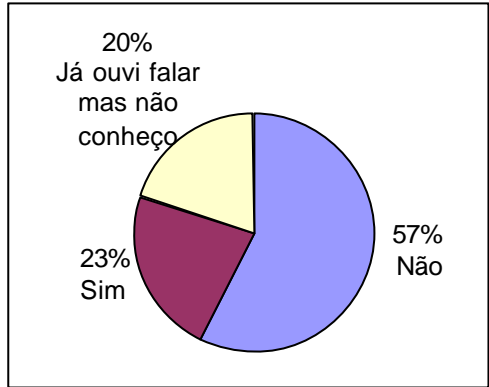


Figura 33 - Usa ou conhece processo de avaliação para RV

Dentre os que responderam sim foram citados como exemplo testes diversos com usuários (avaliação do nível de presença do usuário, entrevistas com os usuários finais, estudo de Interação Homem Máquina (IHM) já utilizados e provas de conceito), ferramenta Mauve, Gooms, avaliação heurística, passeio ou percurso cognitivo, teste de utilizabilidade de Nielsen, conhecimento sobre teorias espalhadas em artigos da áreas (qualidade de visão, nível de interação, etc.). **Este resultado demonstra que apesar de serem apresentadas técnica variadas nada é consolidado ou encontrado em um único lugar (como afirmou um dos entrevistados) com aplicação específica para SRVs.**

A questão de número 11 diz respeito a utilização de processos de avaliação de forma que 67% diz utilizar algum processo (as respostas negativas 33% não respondem as questões de 12 a 15). Destes, apenas 8% se refere ao uso desta avaliação na finalização do projeto sendo que o restante diz utilizar durante todo o ciclo de desenvolvimento do sistema. **A resposta para o tipo de processo utilizado foi unânime e 100% diz utilizar processos informais de avaliação.**

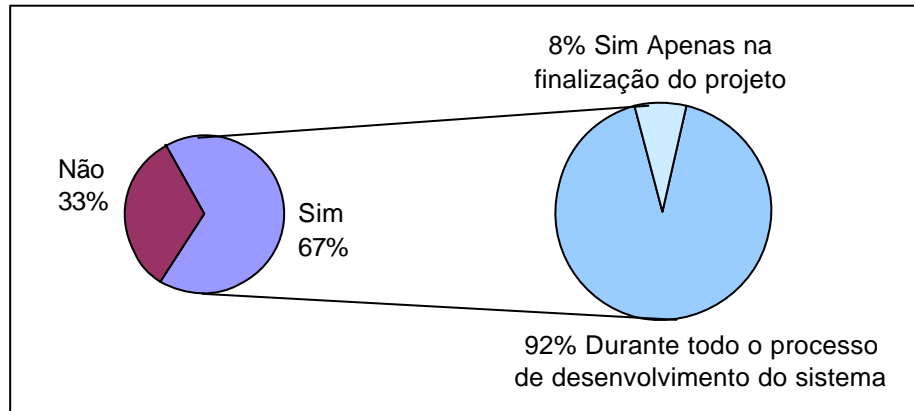


Figura 34 – Gráfico 1: utilização de processo de avaliação de SRV;
Gráfico 2: etapa que é feita a avaliação

A questão de número 12 determina se ao utilizar o processo de avaliação são considerados os procedimentos de interação, sendo que 15% apenas não o considera contra 85%.

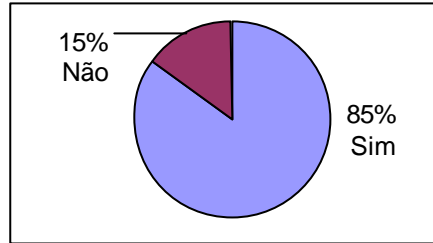


Figura 35 - O procedimento de interação é considerado na avaliação

A questão de número 13 refere-se à identificação das etapas nas quais são utilizados processos de avaliação. Algumas respostas destacam uso em todas as etapas mas a mais destacada é a Etapa Formativa (45%) onde são elaboradas avaliações ao longo do processo ou implementação do produto identificando problemas para corrigi-los antes da finalização do produto. Em segundo lugar com 30% ficou a etapa de Prognóstico seguido pela Etapa Somativa (25%).

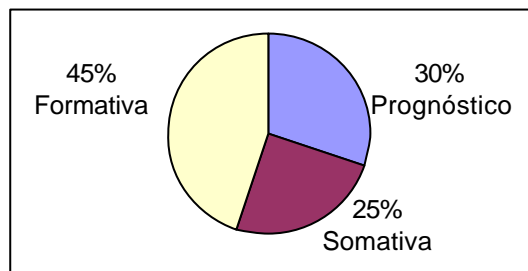


Figura 36 - Etapa para aplicação da avaliação

A questão de número 14 identifica técnicas de avaliação são utilizadas sendo que as técnicas empíricas (baseia-se na observação do usuário através de ensaios de interação ou sistemas de monitoramento, com participação ativa do usuário) perfazem 50% das técnicas utilizadas. Com 28% as técnicas analíticas se dividem em avaliação heurística (28%), Checklists(11%), Análise de Tarefas (22%) e Passeios cognitivos (39%)

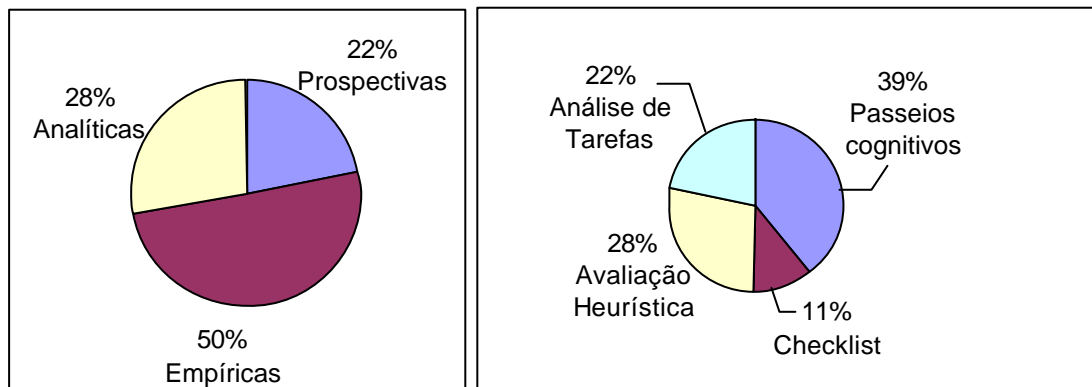


Figura 37 – Gráfico 1: Técnica utilizada para avaliação; Gráfico 2: Técnicas analíticas sugeridas

A questão de número 15 define quais características são levadas em conta no procedimento de avaliação e o item mais considerado é a usabilidade do sistema (15%) seguida dos procedimentos de interação com 13%. Todas as características parecem merecer atenção similar mas o que menos se destaca são as preocupações com dispositivos (necessários para realização dos procedimentos de interação): Dispositivos de entrada e saída de dados (6%) e Ergonomia no uso de dispositivos (7%)

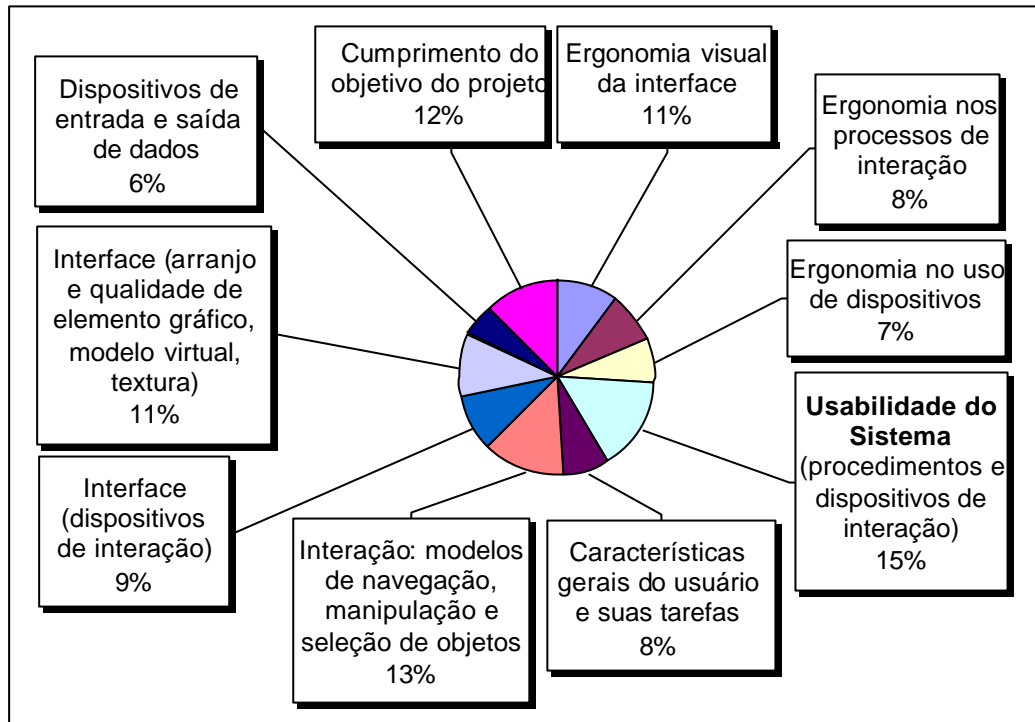


Figura 38 - Características mais analisadas em procedimentos de avaliação do SRVs

A questão número 16, em qual fase são geradas documentações de projeto, apresenta como resultados significante como fase mais utilizada sendo “durante todo o processo de desenvolvimento do projeto/sistema com 58%. A segunda fase mais utilizada é ao final do desenvolvimento do sistema com 21%. Com 12% apresentam-se aqueles que desprezam a necessidade com esta preocupação. E apenas 9% se preocupa em estabelecer a geração de documentos no início do desenvolvimento do projeto.

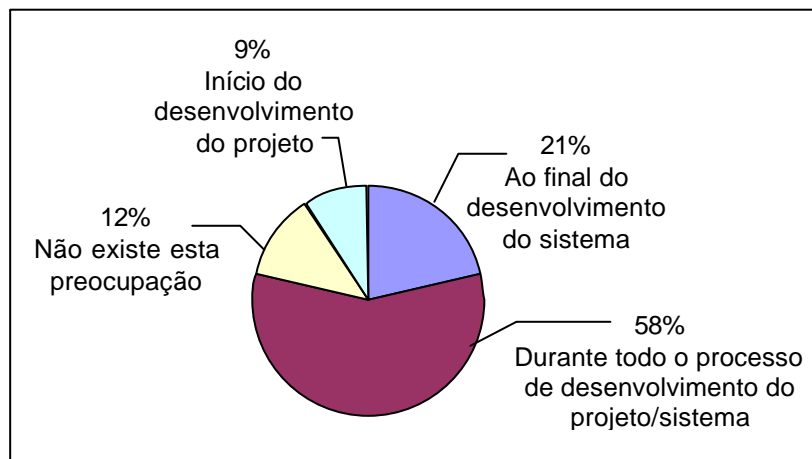


Figura 39 - Fase da geração de documentação

A questão número 17 demonstra que a maioria das pessoas (56%) de fato não conhece algumas técnica formal de avaliação dentre as que foram citadas:

- Análise de Tarefas do Usuário
- Avaliação Profissional Baseada em Guias de Referências
- Avaliação Formativa Centrada no Usuário
- Avaliação Somativa comparativa
- Processo progressivo e seqüencial de avaliações utilizando conjunto de técnicas

Dentre os que as conhecem a mais popular (27%) é a análise de tarefa do usuário seguida pelo processo cognitivo e seqüencial de avaliações utilizando conjunto de técnicas (11%). Avaliação formativa e profissional baseada em guias de referências não representa grande popularidade, talvez pela inexistência de ferramentas adequadas.

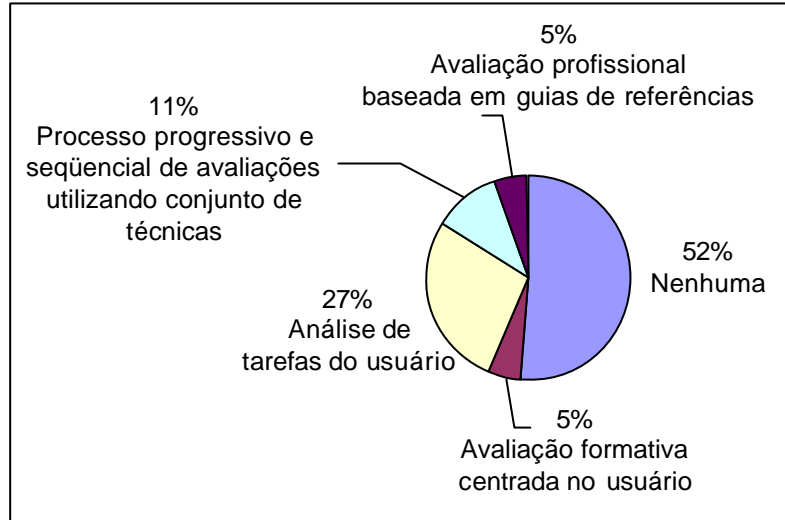


Figura 40 - Conhecimento sobre técnicas de avaliação

A questão de número 18 pergunta o que o entrevistado ou seu grupo procura ao escolher uma técnica de avaliação e a opção vencedora é a algo simples que possa ser utilizado pelo próprio entrevistado (36%), ou seja, uma desenvolvedor comum de SRVs. Em segundo lugar ficou a opção de um processo que possa ser utilizado a qualquer momento do ciclo de vida de desenvolvimento do produto (24%), seguido de um processo que retorne respostas com rapidez (15%) e de um processo que independa do projeto financeiro estabelecido (14%). Apenas 11% das respostas identificaram a necessidade de um processo que não dependa de avaliadores especialistas. Uma sugestão dada refere-se não condução dos resultados obtidos.

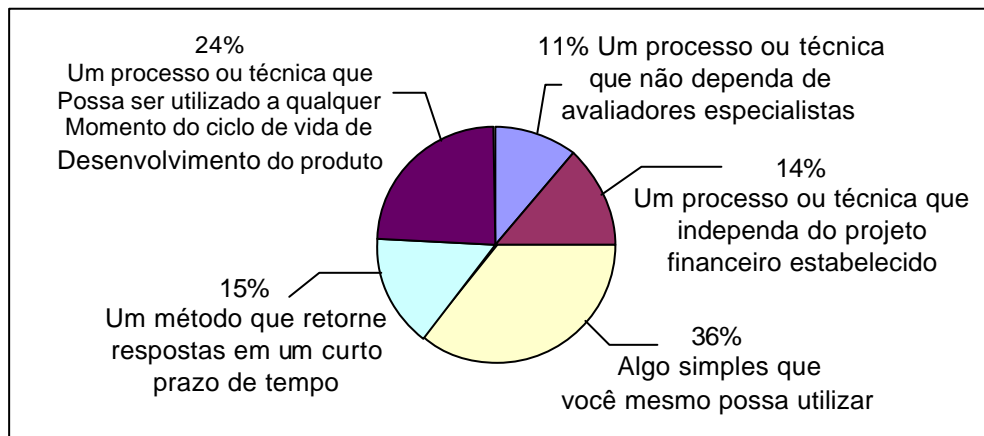


Figura 41 - Necessidades identificadas para uma ferramenta de avaliação

A questão de número 19 pergunta qual o grau de conhecimento de usabilidade do entrevistado. A maioria dos entrevistados possui pouco (56%) conhecimento ou médio (32%) sobre usabilidade. Apenas 4% diz ser especialista e 8% diz não ter nenhum conhecimento.

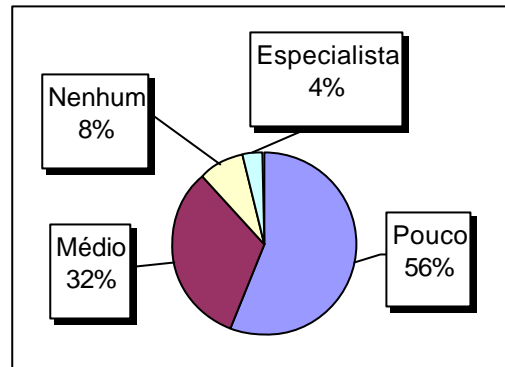


Figura 42 - Conhecimento sobre Usabilidade

Modelo do Questionário aplicado

Questionário sobre avaliação de sistemas de Realidade Virtual

A quem se aplica: Integrantes do processo de desenvolvimento de sistemas de Realidade Virtual (RV) (coordenadores de projeto, projetistas, analistas, avaliadores)

Motivo: Esta pesquisa tem por finalidade identificar o uso (e frequência) de procedimentos de avaliação no pré-projeto, durante ou após a implementação de sistemas de RV entre grupos de desenvolvedores. Os dados deverão apontar abordagens referente aos meios de avaliação escolhidos para identificar sucessos e insucessos de sistemas de RV, com enfoque nos procedimentos de interação. Busca-se uma compreensão sobre métodos de avaliação utilizados objetivando identificar o nível de melhorias que se pode esperar com estes processos. O resultado desta pesquisa oferecerá subsídio para uma tese de doutorado que pretende desenvolver uma ferramenta de avaliação das interações nos Ambientes Virtuais (AVs) que constituem os sistemas de RV.

Funcionamento: O questionário dividiu-se em três etapas. A primeira parte busca informações sobre o seu envolvimento na implementação do sistema de RV e procedimentos de desenvolvimento. A segunda parte refere-se aos procedimentos de interação nos AVs. E a terceira trata especificamente dos procedimentos de avaliação eventualmente utilizados para suportar o projeto e identificar irregularidades no sistema com propósitos de melhoria.

Instruções para envio: Ao finalizar o questionário, por favor, salve e o envie por e-mail para irla@lrv.ufsc.br com cópia para irlabr@uol.com.br.

SUA PARTICIPAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO PROJETO

1. Sua formação:

- Até 2º grau
- Técnico em (_____)
- Graduação em (_____)
- Especialização em (_____)
- Mestre em (_____)
- Doutor em (_____)

2. Qual a sua participação no desenvolvimento de sistemas de RV?

- Coordenador
- Projetista / Analista
- Especialista em interface
- Avaliador / Qualidade
- Especialista em dispositivos de interação
- Programador
- Modelador
- Outra (_____)

3. Em quais projetos você já teve algum tipo de participação ativa? (assinale todas que se aplicam):

- Comercialização
- Pesquisa

Quais áreas? (assinale todas que se aplicam):

- Entretenimento
- Treinamento
- Educacional
- Médico
- Militar
- Arquitetura e Urbanismo
- Marketing
- Outros (_____)

4. Quais destes processos são desenvolvidos por você ou sua equipe? (assinale todas que se aplicam):

- Projeto do sistema
- Projeto de interação com o usuário
- Escolha de dispositivos de interação
- Modelagem tridimensional
- Criação de texturas
- Desenvolvimento de mídias como som e vídeo
- Programação de software
- Outros (_____)

5. Quais equipamentos são escolhidos para os sistemas desenvolvidos? (assinale todas que se aplicam):

- Luvas
- Capacetes com rastreadores
- Óculos estereoscópicos
- Dispositivos manuais (joystick, cyberpuck, spaceball, etc)
- Caves
- Monitor e mouse
- Outros (_____)

PROCEDIMENTOS DE INTERAÇÃO

Entende-se por procedimento de interação as tarefas que resultam na transferência de dados entre ambos sistema e usuário. Basicamente eles podem ser classificados como operações de **seleção, manipulação (rotação, translação, escala) e navegação** através de uma interface representada por dispositivos ou gráficos.

6. Como são decididos e estabelecidos os procedimentos de interações do sistema?

(assinale todas que se aplicam)

- Nos baseamos em resultados de estudos já realizados
- Utilizamos conhecimentos empíricos adquirido pela equipe ao longo do tempo
- Não conhecemos técnica de apóio à tomada de decisões

7. Quando são estabelecidos e decididos estes procedimentos? (assinale todas que se aplicam)

- No início do projeto
- Quando o projeto se encontra em fase de implementação
- Do início ao fim do projeto/implementação

8. É comum o desenvolvimento de um Projeto de Interação com Usuário para estes sistemas?

- Sim Não

Porquê? (assinale todas que se aplicam)

- É tão importante quanto definir as tarefas a serem realizadas no sistema
- É necessário compreender as tarefas e procedimento de realização
- Pensamos nos procedimentos de interação mas não realizamos um projeto

- Não nos preocupamos pois os sistemas são “não imersivos” e dependem unicamente do uso de mouse e monitor, onde os procedimentos de interação são triviais.
- Não conheço nenhuma ferramenta ou técnica de auxílio para este tipo de projeto
- Conhecemos ferramentas ou teorias mas não possuímos domínio para utilizá-las
- Não sei o que é isso
- Não sei como fazer

9. Em que fase é realizado (ou planejado) o projeto de interação com o usuário?

- Tão logo as tarefas do sistema estejam definidas.
- Quando começam as implementações
- É um processo contínuo e se aplica em várias fases do projeto

AVALIAÇÃO

Procedimento que orienta a implementação do projeto identificando problemas que possam ser corrigidos e o cumprimento das diretrizes estabelecidas em projeto.

10. Você usa ou conhece alguma ferramenta/teoria/taxonomia/técnica/processo de avaliação ou inspeção para sistemas de RV? (assinale todas que se aplicam)

- Sim (Qual? _____)
- Não
- Já ouvi falar mas não conheço

11. Você utiliza (quais) processos de avaliação? (assinale todas que se aplicam)

- Sim, sempre utilizamos
 - Durante todo o processo (ciclo de vida) de desenvolvimento do sistema
 - Apenas na finalização do projeto
- Sim começamos a utilizar recentemente
 - Há () meses / Nos últimos () projetos desenvolvidos
 - Durante todo o processo de desenvolvimento do sistema
 - Apenas na finalização do projeto
- Processos Informais
- Processos Formais
- Não (Pule para a questão 16)

12. Algumas destas avaliações consideram os procedimentos de interação?

- Sim Não

13. Em qual (quais) ETAPA(S) são aplicadas as avaliações? (assinale todas que se aplicam)

- Etapa de Prognóstico** (identifica tarefas a serem realizadas pelo usuário ainda na fase de projeto do sistema orientando desenvolvedores na busca de pré-requisitos para suportar as necessidades identificadas no projeto)
- Etapa Formativa** (são elaborados ao longo do processo ou implementação do produto identificando problemas para corrigi-los antes da finalização do produto)
- Etapa Somativa** (Ao final do ciclo de desenvolvimento do produto, tendo o sistema pronto para ser utilizado pelo usuário)

14. Quais técnicas de avaliação são utilizadas? (assinale todas que se aplicam)

- Técnicas Prospectivas** (Apóia-se na aplicação de questionários e / ou entrevistas que mensuram a satisfação ou insatisfação do usuário em relação à interação com a interface. Participação ativa do usuário.)
- Técnicas Empíricas** (Baseia-se na observação do usuário através de ensaios de interação ou sistemas de monitoramento. Participação ativa do usuário)
- Técnicas Analíticas** (Validação das tomadas de decisão a partir de checklists, heurísticas, etc utilizando decomposições e organizações hierárquicas da estrutura de tarefas – profissionais especialistas e/ou usuários teste)
 - Avaliação heurística** (identificação de sucessos e insucessos por avaliadores experientes)
 - Checklists** (ferramenta que dispensa a presença de avaliadores especialistas)
 - Análise de Tarefas** (prevê uma estruturação da seqüências de tarefas a serem realizadas pelo usuário – Ex. GOMS, KLM)

- Passeios cognitivos** (O especialista realiza a tarefa de reconhecimento da interface tomando o lugar do usuário que a utilizaria pela primeira vez)
- Outra (_____)

15. Quais características são levadas em conta no procedimento de avaliação? (assinale todas que se aplicam)

- Ergonomia visual da interface
- Ergonomia nos processos de interação
- Ergonomia no uso de dispositivos
- Usabilidade do sistema (Procedimentos e dispositivos de interação)
- Característica gerais do usuário e suas tarefas
- Interação - Modelos de navegação, manipulação e seleção de objetos
- Interface (Dispositivos de interação)
- Interface (Arranjo e qualidade dos elementos gráficos, modelo virtual, texturas)
- Dispositivos de entrada e saída de dados
- Cumprimento do objetivo do projeto
- Outros (_____)

16. Em qual fase são geradas documentações de projeto?

- Início do desenvolvimento do projeto
- Durante todo o processo de desenvolvimento do projeto/sistema
- Ao final do desenvolvimento do sistema
- Não existe esta preocupação

17. Quais destas técnicas de avaliação você conhece? (assinale todas que se aplicam)

- Análise de Tarefas do Usuário
- Avaliação Profissional Baseada em Guias de Referências
- Avaliação Formativa Centrada no Usuário
- Avaliação Somativa comparativa
- Processo progressivo e seqüencial de avaliações utilizando conjunto de técnicas
- Nenhuma destas
- Outras (_____)

18. Ao escolher uma técnica de avaliação você procura (assinale todas que se aplicam):

- Um processo/técnica que não dependa de avaliadores especialistas
- Algo simples que você mesmo possa utilizar
- Um processo/técnica que independa do projeto financeiro estabelecido
- Um método que retorne respostas em um curto prazo de tempo
- Um processo/técnica que possa ser utilizado a qualquer momento do ciclo de vida de desenvolvimento do produto
- Processo longo e detalhado
- Outro (_____)

19. Qual o seu conhecimento de usabilidade?

- Nenhum
- Pequeno
- Médio
- Sou especialista

Sinta-se a vontade para acrescentar observações.

Agradecemos a gentileza de ter encontrado um tempo para nos ajudar nesta pesquisa. Sua participação representa uma parte importante de nosso trabalho. Se quiser receber notícias sobre o andamento deste projeto favor clicar na caixa abaixo.

Sim, eu gostaria de receber informações sobre o andamento do projeto.

E-mail para contato: _____)

7.3 Apêndice C - USABILIDADE E AVALIAÇÃO

1. TEORIAS DE USABILIDADE

Os estudos de usabilidade tem por finalidade apontar falhas na concepção do produto para que as mesmas possam ser solucionadas a tempo de oferecer ao usuário um produto de qualidade. Desta maneira a usabilidade deve contar com correspondentes às características de medição de qualidade prevendo dois tipos de investigação:

- **Desempenho:** medições ou observações empíricas de comportamento do usuário, enfocando desempenho da tarefa e quantificando o cumprimento de uma tarefa específica.
- **Atitude:** medições ou observações subjetivas da opinião do usuário enquanto realiza atividades no sistema, quantificando a sua satisfação ao usar o sistema.

Na **medição**, um conjunto de atributos representando a usabilidade evidencia o esforço necessário para a utilização de um software. Da mesma forma é considerado o julgamento individual de seu uso através de um conjunto implícito ou explícito de usuários (AVOURIS, 2001)⁸. Para tanto, os critérios de medição da característica de usabilidade apresentados por Araújo (2003)⁹ devem refletir (estabelecido pela norma ISO 9241-11/1998):

- análise das características requeridas do produto num contexto de uso específico;
- análise do processo de interação entre usuário e produto;
- análise da eficiência (agilidade na viabilização do trabalho), da eficácia (garantia da obtenção dos resultados desejados) e da satisfação resultante do uso desse produto.

O projeto de um sistema interativo, apoiado por **tarefas de análises**, pode oferecer informações importantes sobre suas funcionalidades através da verificação de aspectos de confiabilidade, disponibilidade, segurança, integridade, padronização, portabilidade, integração e assuntos administrativos como agendas e orçamentos (SHNEIRDERMAN, 1998)*. Atender com sucesso o cumprimento destes objetivos depende do emprego de princípios comuns de IHC. Cada um destes aspectos será responsável em determinar a usabilidade do sistema, podendo inclusive cooperar na medição dos atributos da usabilidade. Garner (2003)¹⁰ defende um conceito de que a usabilidade que define uma medida de qualidade (referente a experiência do usuário enquanto interage com um produto ou sistema de software) depende de uma combinação de fatores que afetam sua experiência no momento da interação (Quadro 13).

Fácil de aprender	Quão rápido um usuário novato para o sistema pode aprender a interface suficientemente bem para alcançar os objetivos básicos?
Eficiência de uso	Assim que um usuário experiente aprende a utilizar a interface, quão rápido ele pode alcançar os objetivos?

* Esta referências encontra-se na seção de referências deste trabalho (Capítulo 6, p.120).

⁷ ISO/IEC 14598 (1-6) International Standard Organization (ISO). Joint Technical Committee (JTC1), Information Technology, Software Engineering, Product Quality, Genève: ISO/IEC, 1998.

⁸ AVOURIS, N.M. An Introduction to Software Usability. Panhellenic Conference on Informatics e Workshop on Software Usability, 8, 2001, Nicosia. Proceedings... v. 2, Livanis: Athens, 2001 p. 514-522.

⁹ ARAÚJO, José Paulo. Caracterização do Cibergênero Home Page Corporativa ou Institucional, In: Revista Linguagem em (Dis)curso On-line vol. 3 no. 2, 2003.

¹⁰ GARNER, Rob. Website Usability. 2003 Disponível em: http://www.search-engine-optimization-dallas.com/website_usability.html.

Memorabilidade	Se um usuário usou anteriormente o sistema é possível que ele lembre-se o suficiente para utilizá-la novamente ou o usuário deve recomeçar novamente o processo de aprendizagem?
Frequência e seriedade de erros	Qual é a frequência que o usuário comete erros ao utilizar o sistema, quão sério são estes erros e quão rápido o usuário se recupera dos erros?
Satisfação e subjetividade	Quanto o usuário gosta do sistema?

Quadro 13 - Fatores avaliados pela usabilidade

Aceitabilidade, Utilizabilidade e Usabilidade

As palavras que dão origem aos termos usabilidade (Usar: fazer uso) e utilizabilidade (Utilizar: tornar útil) contribuem para o cumprimento das designações do termo aceitabilidade que Nielsen (1993)* descreve como um atributo que depende da união de ambas variáveis usabilidade e utilidade de um sistema. De acordo com Nogier (2002¹¹) ‘utilidade’ é a capacidade de um objeto facilitar a realização de uma atividade humana, o que esclarece a representação do termo ‘utilizabilidade’ sob a forma de facilitar o emprego, ou seja, o uso deste objeto. Desta maneira entende-se que usabilidade depende da eficácia da característica utilizabilidade.

Kaur (1998)* refere-se a aceitabilidade como um termo que se divide entre usabilidade (mede a capacidade que o usuário possui para interagir com o sistema e alcançar seus objetivos) e utilidade (mede as capacidades que o sistema possui de oferecer meios para o usuário cumprir uma ou mais tarefas). Da mesma forma se posiciona Barros (2003)* esclarecendo que a aceitabilidade do sistema é a combinação da utilidade do sistema que é verificada por sua *funcionalidade* a qual deve estar conforme com os objetivos propostos em projeto, e usabilidade do sistema que destina-se a verificação das habilidades do usuário para utilização da *funcionalidade* definida em projeto, e devendo responder a critérios como facilidade de aprendizado, eficiência para uso, facilidade de lembrança (memória), diminuição de erros e satisfação subjetiva.

Entretanto a preferência de escolha normalmente recai sob o termo usabilidade, o que não implica na ausência de pesquisas sobre a utilidade dos sistemas. Como exemplo cita-se o LabIUtil (Laboratório de Utilizabilidade da Informática) da Universidade Federal de Santa Catarina (INE/CTC/UFSC) que mesmo tendo adotado o termo *utilizabilidade* na denominação de seu laboratório, se preocupa com a busca pela melhoria da *usabilidade* de seus sistemas de software interativo. Suas iniciativas a favor da usabilidade das IHC no cenário brasileiro refletem o desenvolvimento de listas ergonômicas (ErgoList¹²), dispositivos de avaliação (*checklist*) e pesquisas na área de engenharia de usabilidade. Existe entretanto uma apropriação maior do termo usabilidade por outros grupos de pesquisa ou *websites* que disponibilizam conteúdo da área. Dentre eles destacam-se o LEUI-PUC-Rio¹³, SURL¹⁴, Usability First e usabilidade.com.

¹¹ NOGIER, J.F. De l’ergonomie du logiciel au design de site web. Paris, Dunod. 2002.

¹² www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist

¹³ Laboratório de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces, sob a responsabilidade da professora Anamaria Moraes, possui como linha de pesquisa ergonomia e usabilidade de produtos, programas e informações tendo a metodologia ergonômica como um dos itens enfatizados nas linhas de pesquisa, e a usabilidade e teste de usabilidade e de avaliação como uns dos desdobramentos da linha pesquisa. Disponível em: <http://sphere.rdc.puc-rio.br/sobrepuc/depto/dad/leui/>

¹⁴ *The Software Usability Research Laboratory* em *Wichita State University*, presta serviços de usabilidade na forma de análises e avaliações de softwares mas com mais ênfase em websites. Disponível em: <http://psychology.wichita.edu/surl/>.

Engenharia de Usabilidade

De acordo com Filgueira (2003) *Engenharia de Usabilidade* é a disciplina que garante o uso eficiente e confortável dos sistemas computacionais considerando seus usuários (e a diversidade destes) o centro do processo de desenvolvimento da aplicação. Esta disciplina se apóia em outras disciplinas básicas com o objetivo de aprovisionar métodos estruturados para alcançar a usabilidade em projeto de interface durante o processo de desenvolvimento (MAYHEW, 1999)*. Chamada de técnica por Leonardis (2001)¹⁵, a engenharia de usabilidade se propõe a produzir interfaces de qualidade entre homem e computador através do envolvimento do usuário desde o início do processo, mas alerta que garantir usabilidade não implica na garantia de confiabilidade da aplicação.

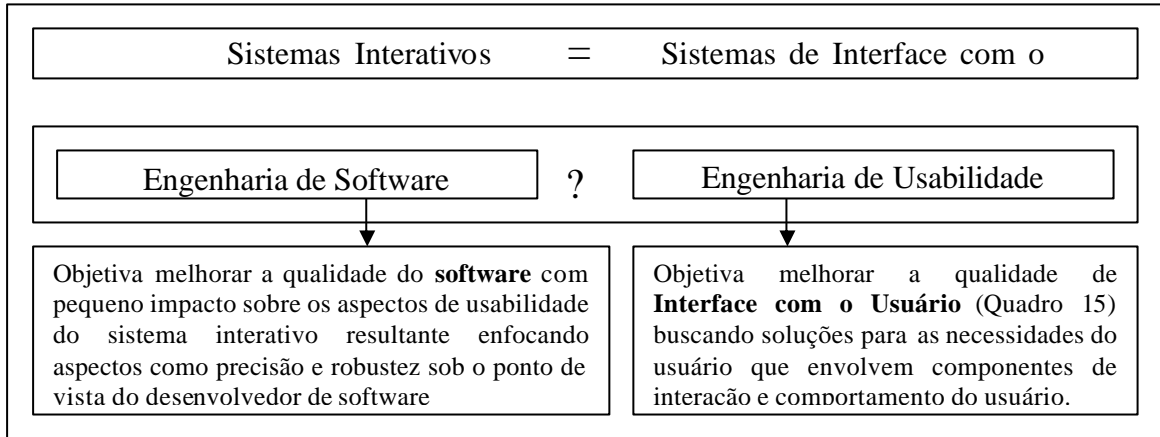
O enfoque desta disciplina tem por base as linhas de pesquisa de IHC e a engenharia de usabilidade (esta como parte do processo de software). Segundo Preece et al. (1994)* **a Engenharia de Usabilidade é uma abordagem de projeto de sistemas no qual vários níveis de usabilidade são especificados quantitativamente numa etapa anterior ao seu desenvolvimento tendo como objetivo a tomada de decisões de engenharia que vai de encontro às especificações através de medidas chamadas métricas**. Consolidada há quase dez anos e suportada por normas que orientam o processo de construção de interfaces, sua aplicação é ainda de pouca expressão. Entretanto é bem recebida por grandes empresas (i.g. IBM) por causa da sua natureza “semi-científica” que adota a engenharia na sua forma sistemática de procedimento fornecendo experimentação científica na forma de testes de usabilidade (PREECE et al., 1994)*.

Diferente de um ‘teste de usabilidade (Preece et al. Capítulo 4, 1994)*, a ‘engenharia de usabilidade’ é uma abordagem metodológica e de natureza científica de produção que objetiva a entrega de um produto usável ao usuário. Para isso utiliza métodos para agrupar requerimentos, desenvolver e testar protótipos, avaliar projetos alternativos, analisar problemas de usabilidade, propor soluções e testes com usuário (GARNER, 2003). Preece et al. (1994)* apresentam uma lista de etapas que descreve a seqüência do processo de engenharia de usabilidade (PREECE, et al., 1994, p. 650)*:

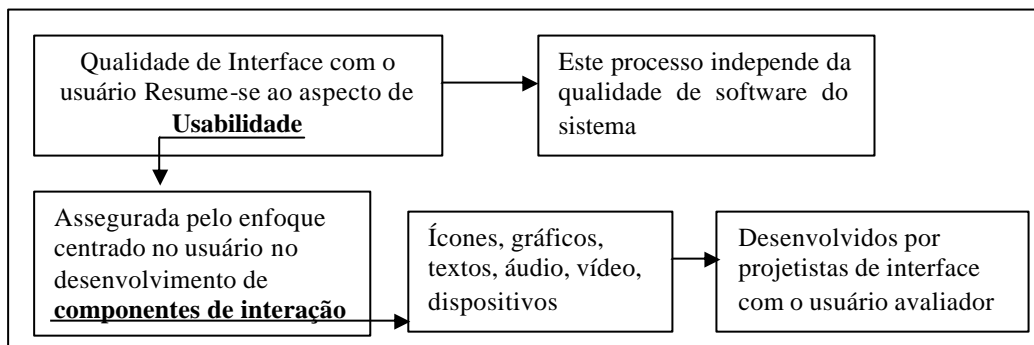
- definir objetivos de usabilidade através de métricas;
- especificar níveis de usabilidade planejados que precisam ser alcançados;
- analisar o impacto de possíveis soluções de projeto;
- incorporar retorno derivado do usuário no processo de projeto;
- iterar através do ciclo “projeto-avaliação-projeto” até que os níveis planejados sejam alcançados.

É apresentado por Hix (2002)* que engenharia de usabilidade consiste de um ou mais métodos ou técnicas de avaliações ou inspeções derivados dos métodos de engenharia de usabilidade de GUIs. A autora ainda faz uma descrição contextualizando as diferenças entre engenharia de usabilidade e a relação inexistente com a engenharia de software (Quadro 14 e Quadro 15).

¹⁵ LEONARDIS, Roger . Tendências nas interfaces de operações de sistemas industriais. Controle & Instrumentação, n. 54, Jan. 2001. Disponível em:
http://www.controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed_54/ed_54a.html.



Quadro 14 - Definições para engenharia de software e usabilidade.



Quadro 15 - Composição que determina qualidade de Interface com o usuário. (Hix,2002)

Projeto Centrado no Usuário

Projeto centrado no usuário engloba técnicas, processos, métodos e procedimentos para o projeto de interfaces que visa obter usabilidade com a ajuda do usuário no processo de projeto. De acordo com Preece et al. (1994)*, projeto centrado no usuário é uma abordagem que se preocupa em colocar o usuário como elemento central no processo de desenvolvimento do projeto utilizando para isso seu conhecimento como utilizador do sistema. A importância da utilização do processo centrado no usuário é considerada por Nicholl (2001)¹⁶ quando ele afirma que “o cliente, ou usuário, deve ser cortejado pelos serviços e pelo produto, ou seja, o conhecimento do usuário é fundamental no processo de projeto”.

O projeto de uma interface usável depende do conhecimento que se tem a respeito do seu usuário e o uso da técnica de projeto centrado no usuário resulta no melhoramento dos aspectos de usabilidade deste sistema. Para isso é importante levantar os dados do usuário e suas necessidades que devem prever toda a estrutura de interação com o sistema. Para Samuels (2001)* o não acompanhamento contínuo ao longo do processo centrado no usuário promove o risco de geração de problemas de usabilidade no sistema. A ausência deste acompanhamento está ligada à mudanças de projeto durante o processo que podem ser onerosas e ocasionar atrasos inesperados para finalização do projeto.

¹⁶ NICHOLL, Anthony Robert Joseph; BOUERI, José Jorge Filho. O ambiente que promove a inclusão: conceitos de acessibilidade e usabilidade. In: Revista da Faculdade de Engenharia e Arquitetura e Tecnologia. v.3, n. 2, 2001. p. 49-60. Dez. 2001.

2. ELEMENTOS DA AVALIAÇÃO

Sales (2002¹⁷) identifica algumas condições em terminologias com relação às avaliações. As **definições** apresentadas por ele são:

- **Método de avaliação:** refere-se ao agrupamento estruturado de técnicas que identificarão problemas, como por exemplo os de usabilidade. Desta maneira serão coletados e analisados dados prevendo sua contribuição para a criação de resultados, os quais deverão responder questões de avaliação elaboradas no início do procedimento de avaliação. A escolha do método pode ser influenciada pela questão financeira, um fator que contribui para a qualidade dos resultados finais da avaliação. Outros fatores são tempo disponível de avaliação, acessibilidade aos usuários, disponibilidade de conhecimento, equipamentos, etc. A exemplo cita-se uma exploração heurística (exploração cognitiva + avaliação heurística) e ensaio de interação (avaliação heurística + observação do usuário);
- **Técnica de avaliação:** refere-se a um procedimento com natureza única que visa a *identificação de problemas de usabilidade*, como por exemplo inspeção por *checklist* ou avaliação heurística;
- **Ferramenta de avaliação:** refere-se à instrumentos computacionais ou não, que implementam técnicas de avaliação de usabilidade, como por exemplo *checklist*/critérios ergonômicos ou Heurísticas.

A utilização de diferentes tipos de avaliações exige que **métodos de avaliação** sejam escolhidos de acordo com a natureza de seus componentes e do motivo da avaliação (PREECE et al., 1994)*. Do mesmo modo **técnicas de avaliação** devem ser escolhidas de acordo com a etapa de desenvolvimento do produto, seja no início do projeto, durante o processo de desenvolvimento ou com a finalização do produto. Ligada a escolha da técnica são elaboradas perguntas que objetivam respostas que devem satisfazer as características escolhidas para avaliação. As ferramentas são utilizadas como forma de obtenção de dados os quais servirão à tarefa de identificar o cumprimento dos critérios estabelecidos para a avaliação.

Dados Qualitativo e Quantitativo

Estatisticamente os dados se dividem em qualitativos e quantitativos. Dado **qualitativo** representa a informação que identifica alguma qualidade, categoria ou característica, não mensurável, mas passível de classificação, assumindo várias modalidades. Dado **quantitativos** representa a informação resultante de características *susceptíveis de serem medidas*, apresentando-se com diferentes intensidades de natureza discreta (**dados discretos** que só podem tomar um número finito, ou infinito numerável, de valores distintos), ou contínua (**dados contínuos** que podem tomar todos os valores numéricos, compreendidos no seu intervalo de variação).

No processo de avaliação de software o dado **qualitativo** é coletado em avaliação de análise de tarefas o qual apresenta um tipo de dado chamado de ‘incidente crítico’ que pode ter efeito positivo ou negativo no resultado. No caso de um efeito negativo pode haver um impedimento drástico da usabilidade com malefícios na percepção do usuário para a qualidade da aplicação, sua funcionalidade e até reputação (HIX, 2002, p.9)*. O dado qualitativo, portanto, representará informações que identifiquem alguma qualidade, categoria ou característica as quais não poderão ser medidas e sim classificadas após assumir-se modalidades.

¹⁷ SALES, Márcia Barros de. Desenvolvimento de um checklist para a avaliação de acessibilidade da web para usuários idosos. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção/UFSC, Florianópolis, Brasil. 2002.

Já o dado **quantitativo** mensura itens como tempo de execução de tarefas e número de erros encontrados durante execução das tarefas. Após a aquisição destes dados é feita a tarefa de comparação utilizando-se linhas básicas de métricas apropriadas (HIX, 2002, p.9)*. O dado quantitativo, portanto, representa as informações mensuráveis apresentando-se também com diferentes intensidades de natureza discreta ou contínua.

Em resumo, tratando-se de qualidade, pode-se dizer que a avaliação de **qualidade externa** objetiva responder se os requisitos de qualidade foram satisfeitos, sendo que isto ocorre na fase de testes do produto. Após a obtenção. A avaliação de **qualidade interna** ocorre durante a revisão de projeto e de código, tendo como alvo especificações e código fonte. Esta avaliação é feita quando ainda não existe um software executável. Seus objetivos são esclarecer a satisfação dos requisitos de qualidade interna através de **verificação**, prevendo desta maneira a qualidade final do produto em desenvolvimento através da **validação** (SCALET, 2002)*.

Com relação à qualidade de uso, é a medida que observa o efeito do uso do produto sendo este um aspecto da qualidade do produto. Trata-se da necessidade de medir os desejos relativos a um produto através de requisitos que identificam e especificam necessidades. Entretanto, mesmo que atenda aos requisitos, não será necessariamente um produto de boa qualidade até que um usuário utilize o produto para conhecer as reais necessidades. A avaliação de qualidade de uso “ocorre após a liberação do software, objetivando revisar seu uso ou simular a situação em projetos semelhantes” (SCALET, 2002)*. Esta avaliação é realizada em ambiente não simulado utilizando-se usuários reais. Questionários e técnicas de observação são utilizados para obter respostas com relação ao desempenho de interação dos usuários.

Métricas

A utilização de métricas significa tomar uma posição racional ao invés de trabalhar com intuições ou opiniões, pois será gerado, desta forma, um resultado mais concreto proveniente de uma investigação programada. Antes da escolha uma métrica é necessário escolher o que será mensurado e porque. Só assim será possível definir os procedimentos para a avaliação. Preece et al. (1994)* referem-se às métricas como uma medição numérica e acrescenta que “uma medição informal é melhor que nenhuma medição, mas se for possível medir algo numericamente será muito melhor” (PREECE et al., 1994, p. 517)*. Naturalmente esta posição dependerá da situação em que se encontra a proposta de avaliação.

A engenharia de software não possui um conjunto de medições padrão que seja amplamente aceito, pois seus resultados são normalmente subjetivos. A dificuldade está em concordar na escolha do que deve ser medido e de que forma avaliar o resultado obtido, o que pode ser compreendido através de dois pontos de vista da avaliação (CORDEIRO, 2000¹⁸):

Do ponto de vista da medição:

- **Medidas diretas:** refere-se ao processo de engenharia de software exigindo custo de desenvolvimento e manutenção;
- **Medidas indiretas:** refere-se à qualidade, funcionalidade e capacidade de manutenção do software, pois tratam-se de medidas de difícil avaliação.

Do ponto de vista de aplicação:

- **Métricas de produtividade:** concentram-se na saída do processo de engenharia de software;
- **Métricas de qualidade:** indicam o quanto o software atende aos requisitos definidos pelo usuário.

¹⁸ CORDEIRO, Marco Aurélio. Métricas de Software. In: Bate Byte 101, n. 17, Set. 2000. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/celepar/celepar/batebyte/edicoes/2000/bb101/metricas.htm>.

Existem três tipos de métricas as quais destinam-se à medições de qualidade interna, externa e de qualidade em uso. A aplicação da métrica de qualidade em uso é mais apropriada à medição da eficácia do produto. A seguir é apresentado um exemplo de métrica utilizada na medição de usabilidade tendo como atributo a apreensibilidade (uma das subcaracterística da usabilidade) (SCALET, 2002)*.

Métrica Interna para usabilidade à apreensibilidade

Nome da métrica: completude de sistema de ajuda e documentação

Propósito: determinar proporção de funções documentadas ao usuário

Fórmula: (# funções documentadas / # funções)

Interpretação: $0 \leq x \leq 1$; quanto mais próximo de 1, melhor

Entradas: Especificação requisitos, projeto, relatório revisão

Métrica externa para usabilidade à apreensibilidade

Nome da métrica: eficácia de sistema de ajuda e documentação

Propósito: determinar proporção de documentação efetiva ao usuário

Fórmula: (# funções executadas com sucesso (*1) / # funções)

Interpretação: $0 \leq x \leq 1$; quanto mais próximo de 1, melhor

Entradas: relatório de operação

*1 após consulta do usuário ao sistema de ajuda

Apesar de oferecer melhores resultados, medir a usabilidade de um sistema pode custar até 4 vezes mais do que conduzir um estudo qualitativo (NIELSEN, 2001¹⁹). Mesmo gerando uma visão mais ampla, os testes qualitativos produzem resultados confiáveis e relevantes. Stuart (1996)* sugere que devem ser determinados critérios que identifiquem se o usuário do sistema de RV é capaz ou não de completar tarefa, entre outros.

3. OUTRAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO NO PROCESSO SOMATIVO

Alguns métodos de avaliação representam técnicas conjugadas. Uma delas é o teste de usabilidade que se caracteriza pela junção de várias técnicas como observação, questionários, inspeções e heurísticas. A aplicação do método assegura que o grupo de usuários alvo possa realizar as tarefas de maneira **eficiente, efetiva e satisfatoriamente**. Apesar de sua aplicação ser mais apropriada à produtos em fase de finalização, objetivando a correção de possíveis erros, a técnica pode também ser utilizada durante outros estágios do processo de projeto. Entretanto esta técnica não substitui processos de projeto centrado no usuário e recomenda-se técnica mais apropriadas para os estágios iniciais do produto, como técnicas de inspeção por exemplo (GAFFNEY, 1999²⁰).

Testes de Usabilidade

O teste de usabilidade é uma técnicas formal que pode envolver usuários representando a população alvo para aquele determinado sistema. Estes usuários são designados para desenvolver tarefas típicas e críticas havendo com isso uma coleta de dados para serem posteriormente analisados. Contudo o teste de usabilidade caracteriza-se por utilizar diferentes técnicas de avaliação, sendo que Cybis (2002b)* os seguintes métodos:

- Avaliação Heurística
- Critérios Ergonômicos

¹⁹ NIELSEN, Jakob. Métrica da Usabilidade. In: Sua coluna, www.ponto-com.com, 31/1/2001 Disponível em: <http://www.ponto-com.com/NR/exeres/1ED1BF76-62D9-4BA4-B2C8-3DAC4FE00276.htm>

²⁰ GAFFNEY, Gerry. Usability Testing. In: Information & Design. 1999. Disponível em: www.infodesign.com.au.

- Inspeção Baseada em Padrões, Guias de Estilos ou Guias de Recomendações
- Inspeção Ergonômica via *Checklists*
- Percurso (ou Inspeção) Cognitivo
- Teste Empírico com Usuários

Algumas técnicas de avaliação para testes de usabilidade podem incluir uma lista de métodos que direciona os esforços do usuário em realizar uma variedade de tarefas em um protótipo ou sistema. Enquanto realiza estas tarefas ele é observado por inspetores que coletam dados referente aos processos de interação do usuário, incluindo erros cometidos pelo usuário, quando e onde eles confundem-se ou se frustram, a rapidez com a qual o usuário realiza a tarefa, se eles obtêm sucessos na realização da tarefa e a satisfação do usuário com a experiência (GARNER, 2003).

Entretanto, testes de usabilidade que envolvem usuários reais nos procedimentos de interação transformam-se em procedimentos mais oneroso e complexo. A utilização de heurísticas, por exemplo, permite identificar erros mais sérios e até mesmo de difícil acesso. A comparação criteriosa de Jeffries (1992)²¹ entre a aplicação de heurísticas e testes de usabilidade conclui que a utilização em conjunto de ambos processos é a melhor abordagem de investigações de usabilidade.

Diferentemente de outras técnicas, o teste de usabilidade observa a interação homem-computador e seus muitos dispositivos envolvidos na realização das tarefas, tais como teclado, mouse, monitor, impressora, etc. Mas segundo Diaper (apud Moço, 1996)*

"os comportamentos produzidos pelo usuário são freqüentemente muito rápidos e restritos a uma extensão espacial e as conseqüências observáveis destas ações estão separadas fisicamente entre o que aparece no monitor e nos outros dispositivos."

Os pontos fracos do teste de usabilidade são os aspectos de confiabilidade (diz que o mesmo resultado seria conseguido caso o teste fosse repetido) e a validade (que diz se o resultado do teste reflete realmente o atributo que se queria testar). O problema está na grande diversidade de usuários que possuem diferentes habilidade além dos descuidos metodológicos por parte dos testadores ao incluírem, por exemplo, usuários que não se aplicam como alvo para utilização do produto.

Projeto interativo

O projeto interativo (Samuels, 2001)* é uma solução de avaliação de interfaces que identifica repetitivamente características de usabilidade durante o desenvolvimento permitindo a correção interativa dos problemas encontrados. Embora difícil de se atingir bons resultados de projeto nas primeiras tentativas, o enfoque dado aos objetivos e expectativas do usuário aumentam consideravelmente as chances de um projeto usável. A restrição deste método incidi sob o custo benefício e tempo de avaliação. A aplicação deste método esclarece a necessidade de repetidas avaliações para maior otimização do processo de recuperação de problemas. Significa dizer que quanto mais tempo forem adiadas as avaliações mais problemas serão encontrados e maiores serão os custos (tanto de avaliação quanto de recuperação dos problemas). O resultado é a popularização de alguns métodos de avaliação (por conta de sua simples aplicação) citados por Samuels (2001)*, sendo eles o *checklists* heurísticos, passeios cognitivos e teste com usuário.

²¹ JEFFRIES, R.; DESURVIRE, H. Usability testing vs. heuristic evaluation: Was there a contest? In: ACM SIGCHI Bulletin, v. 24, n. 4, p. 39-41, 1992.

7.4 Apêndice D - QUESTIONÁRIO DO VIAVirtual

QUESTIONÁRIO PROPOSTO PARA REALIZAÇÃO DO PERFIL

As respostas do perfil evidenciam e descrevem as tarefas de interação do sistema. Ele não pretende identificar erros quanto ao propósito da aplicação. Por exemplo, um perfil que identifica um propósito de tarefa de “exploração” ao invés de “busca elaborada” apenas constata um objetivo levantado como importante durante a elaboração do PIU. O perfil não possui a intenção de modificar a dinâmica do sistema e sim diagnosticar as tarefas e suas relações de interação. As respostas devem ser consideradas sempre que houver mais de uma opção possível. As opções marcadas apresentam o resultado para o estudo de caso que trata do software Niemeyer Vida e Obra.

CARACTERÍSTICAS DA TAREFA

Entende-se por tarefa aquilo que o usuário pode realizar para alcançar objetivos de deslocamento (navegação), seleção e manipulação de objetos. A navegação depende por exemplo da identificação do tipo de deslocamento e procedimento para controle da velocidade. Na seleção por exemplo são analisadas características de identificação e indicação do objeto, bem como a tarefa de desseleção. Na manipulação são considerados aspectos sobre o estado do controle, tipo de manipulação a ser realizada e retornos.

Deslocamento (tarefa em que o usuário realiza deslocamentos de um ponto a outro dentro do modelo virtual)

1. O tipo de tarefa de deslocamento é uma:
 - Busca com alvo sem conhecimento de sua localização
 - Busca elaborada com conhecimento da localização do alvo
 - Exploração (o usuário não possui alvo e navega sem destino)
 - Manobra (É necessário realizar algum tipo de manobra que exija destreza como subir uma pequena ou passar por algum espaço de tamanho reduzido)
 - Não se aplica
 - 1.1. O deslocamento possui caráter: (se a resposta 1 for busca com alvo)
 - Relativo (requer deslocamento e posicionamento referente à outro objeto)
 - Absoluto (requer apenas conhecimento espacial do ambiente)
2. O deslocamento é:
 - Independente (depende da tomada de decisão do usuário e controle de direção)
 - Dependente (algum meio que permita pegar caronas ou escolher caminhos)
 - Visão Orbital (o deslocamento é realizado somente ao redor de um objeto)
3. A velocidade de deslocamento é:
 - Variável (acelera e desacelera)
 - Constante (não existe possibilidade de aceleração)
4. A tarefa de deslocamento é ou pode ser auxiliada por instrumentos (mapas, bússolas, etc):
 - Sim
 - Não
 - 4.1. Que tipo:
 - Mapas
 - Bússolas
 - Instrumento de guia
 - Coordenada numérica

Seleção e manipulação (tarefa que determina a identificação, indicação e manipulação de um objeto)

5. Existe a necessidade de seleção manual de objetos dentro do AV?
 - Sim, é necessário realizar um clique ou atividade similar, independente da ocorrência de uma ação posterior. Também se aplica a escolha de objetos por menu
 - Não
 - Automática (Proximidade, tempo, atividade ou outro tipo de evento que dispara uma seleção)
- 5.1. A indicação de seleção é: (se a resposta 5 for SIM)
 - Unitária (apenas um objeto)
 - Múltipla (dois ou mais objetos)
- 5.2. Qual a forma de seleção (**ou manipulação**) para a indicação: (se a resposta 5 for SIM)
 - Direta (o objeto está ao alcance do usuário dentro das limitações físicas do avatar)
 - Indireta (sem restrições de limitação física do avatar, a seleção pode ser realizada de longe)
- 5.3. É necessário desselecionar o objeto: (se a resposta 5 for SIM)
 - Sim
 - Não, é automática
- 5.4. Existe necessidade de seleção remota (objetos distantes): (se a resposta 5 for SIM)
 - Sim
 - Não
6. A tarefa de manipulação é:
 - Dependente (Condicional à uma intervenção do usuário para que ocorra a manipulação)
 - Automática (dispara um evento a partir da seleção dispensando a interferência do usuário para manipulação; no máximo sua participação na tarefa de seleção)
7. O tipo de manipulação é:
 - Posicionamento (translação e rotação) e escala
 - Aplicação de força (metáforas naturais)
 - Modificação de atributos
 - Não se aplica (quando for automática)
8. Existem tarefas paralelas como navegação e manipulação ao mesmo tempo:
 - Sim
 - Não

CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE

Entende-se por ambiente o cenário que serve de base para a realização das tarefas. A variável mais ligada à esta característica é a navegação no que se refere à organização espacial e suas referências que podem ser sugeridas ao usuário durante a realização desta tarefa.

Organização

9. Trata-se de uma aplicação predominantemente:
 - Cenário (a tarefa predominantemente é a navegação)
 - Objeto (a tarefa predominantemente é seleção e manipulação)
 - Mista (Existe um equilíbrio entre interações de navegação e seleção e manipulação)

10. A escala do AV correspondente é relativa ao avatar (em escala proporcional ao AV) (*aplicação de princípios organizacionais – setorização e estrutura*):
- Pequeno (navegação irrelevante ou limitada: ex.: salas ou uma aplicação baseada em objeto)
 - Médio (edifício, rua, quarteirão)
 - Grande (bairro, cidade, país, mundo)

Orientação

11. O deslocamento ocorre em:
- Ambiente aberto (distância e alcance focal infinito)
 - Ambiente fechado (ambiente construído e limitado por paredes e teto, e distância focal limitada)

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Entende-se por sistema um conjunto de componentes que torna possível o uso da aplicação. Neste caso o sistema possui componentes e características que determinam possíveis interfaces e controles. Ainda são identificados quadros de referência tomados pelo usuário para realização das tarefas e modos de retorno adquiridos durante a realização das tarefas. Algumas das questões relacionadas são:

Interface

12. Os componentes de orientação ou direção do deslocamento do usuário são realizados através de:
- Componente corporal
 - Componente com base na cabeça
 - Técnicas manuais (mouse, teclado, joystick, mouse 3D, space ball...)
 - Reconhecimento gestual (captura de movimentos)
13. A técnica que permite interação depende de:
- Teclado e mouse e outros equipamentos com 2 graus de liberdade
 - Dispositivos que permitem 3 ou mais graus de liberdade
 - Interface virtual
14. O controle manual permite tarefas ⓘ:
- Simples (uso de um único dedo para realizar o controle – um único botão)
 - Compostas (combinação de dedos para realizar uma tarefa de interação)

ⓘ As tarefas primitivas que o usuário desempenha podem ser entendidas como procedimentos simples como a movimentação de um dedo. O ato de “agarrar” um objeto é constituído por um grupo de tarefas primitivas onde vários dedos se movimentam, dando lugar às tarefas compostas (Gabbard, 1997).

Controle

15. A metáfora de controle para navegação é:
- Baseada no mundo real (grandes equipamentos que permitem andar ou realizar um deslocamento igual ao realizado no mundo real, como exemplo andar, voar)
 - Baseada no controle de câmera virtual, incluindo visão orbital (trata-se de qualquer forma de deslocamento que independa de metáforas do mundo real – exemplos: deslocamento por vôo, escolha de alvo, coloque-me aqui entre outros)
- 15.1. Existe controle virtual para navegar:
- Sim
 - Não
16. O procedimento de navegação depende da reconfiguração ou troca de controle?
- Sim
 - Não

16.1. A troca de controle acontece através (Se anterior for sim)

- Botões para troca de função do controle
- Manipulação através de procedimentos gestuais
- Outro

Precisaria mais uma questão

17. O controle das tarefa de seleção e manipulação é:

- Direto do usuário (gestos similares aos realizados no mundo real normalmente com uso de luvas ou reconhecimento de gestos)
- Físico (volantes, joystick, equipamentos de RV em geral, até mesmo mouse em aplicações *Desktop*)
- Virtual (um objeto virtual que controla a tarefa no AV a exemplo de raios, botões, menus, extensão de braço, cursor 3D, etc)
- Por agente (podem ser controlados por comando de voz)

17.1. O tipo de controle virtual é:

- Raio
- Cone
- Cursor 3D

Referência do usuário**18.** O quadro de referência do usuário utilizado na navegação é:

- Egocêntrico (a referência do usuário está em escala com o AV)
- Exocêntrico (o usuário possui uma visão do AV externa lhe permitindo observar relações de referências não possíveis de serem observadas do ponto de vista egocêntrico)

19. O quadro de referência do usuário ou metáfora de controle utilizado nas tarefas de seleção e manipulação é:

- Egocêntrico
- Exocêntrico (quando se refere a utilização de recursos que fazem com que o usuário obtenha uma referência externa do ambiente e seus objetos)

Retorno**20.** Quais são as formas de realimentação durante as tarefas de interação:

- Visual
- Sonora
- Háptica

7.5 Apêndice E - CARACTERÍSTICAS DE SRVS

CARACTERÍSTICAS PARA DEFINIÇÃO DE PERFIL: LITERATURA

1. SUGERIDAS POR BOWMAN (1999)

- **Características da tarefa**
 - Distância de deslocamento
 - Número de curvatura ou número de voltas no caminho
 - Visibilidade do alvo
 - Graus de liberdade necessários para locomoção
 - Precisão exigida
 - Complexidade da tarefa e carga cognitiva imposta ao usuário
 - Informação requerida do usuário
- **Características do ambiente**
 - Visibilidade dentro do ambiente
 - Número de obstáculos ou distrações
 - Atividade ou locomoção dentro do ambiente
 - Tamanho do ambiente
 - Nível de detalhes e fidelidade
 - Homogeneidade (quantidade de variações) dentro do ambiente
 - Estrutura do AV
 - Alinhamento com eixos padrões
- **Características do usuário**
 - Idade
 - Sexo
 - Acuidade visual
 - Altura
 - Alcance - distâncias
 - Habilidade para perceber imagens estéreo
 - Experiência com AVs
 - Experiência com computadores
 - Experiência técnica ou não técnica
 - Habilidade espacial
- **Características do sistema**
 - Técnica de render
 - Modelagem da iluminação
 - Taxa de quadros por segundo
 - Latência (tempo de reação)
 - Tipo de exposição visual (display)(estéreo/mono, campo de visão, resolução, brilho, etc.)
 - Detecção de colisão
 - Representação virtual do usuário (avatar)

2. SUGERIDAS POR KRUIJFF (1998)

- **Usuário e suas experiências:**
 - Quem são os usuários do sistema, quais seus objetivos e qual sua familiarização com equipamentos utilizados no sistema?
- **Aplicação**

- Que tipo de aplicação será oferecida ao usuário, que tipo de objetivos devem ser cumpridos e que tipo de procedimentos o usuário deve confrontar? A aplicação é multiusuário?
- **Dispositivos** (Saída Entrada)
 - Quais equipamentos são utilizados? As possibilidades e limitações dentro de AV depende do equipamento escolhido
- **Manipulações básicas e funções avançadas**
 - Como a ferramenta se comporta diante de manipulações básicas como translação, rotação e escala? Quais funções são oferecidas pela ferramenta além das funções de manipulação básica?
- **Navegação**
 - Como o usuário se locomove pelo espaço virtual?
- **Retorno**
 - O usuário recebe retornos úteis ou especiais do sistema como dicas de seleção ou retorno háptico?
- **Comentários pessoais**
 - O que pode ser acrescentado na análise avaliativa?

3. AMOSTRA DA METODOLOGIA PROPOSTA PELO (LARVA/UDESC)

P 14: Quais serão os possíveis deslocamentos (navegação/exploração) que o usuário poderá fazer no AV?

Exemplos de respostas:

- Movimento do tipo Fly ou Walk;
- Aproximar a cabeça de um objeto para observá-lo com detalhes;
- Algumas áreas do AV o usuário não poderá se aproximar por algum motivo (BB);
- Ver os objetos de perspectivas diferentes. (viewpoint)

P 15: Quais as ações e seqüência de ações que os usuários atuarão sobre os objetos?

Exemplos de respostas:

- Selecionar objeto visível (eminentemente 2D);
- Arrastar no espaço (3D);
- Orientar e posicionar ao mesmo tempo.

P 16: Qual metáfora o usuário utilizará para interagir no ambiente?

Exemplos de respostas:

- A mira de identificação do objeto em foco coincide com a de uma arma virtual

P 17: Como a interface auxiliará no atendimento dos requisitos funcionais e/ou tecnológicos dos sistemas?

Exemplos de respostas:

- Para cada requisito funcional do usuário, é necessária a especificação detalhada dos elementos da interface que permitiram ao usuário executar uma ação.

7.6 Apêndice F – QUESTÕES DE VERIFICAÇÃO DO VIAVirtual

VERIFICAÇÃO DAS INTERAÇÕES

Abaixo podem ser encontrados os itens de verificação criados a partir de recomendações sobre procedimentos de interação realizados AVs. Estas recomendações são resultados de pesquisa que podem ser encontradas na literatura da área, portanto podem ser consideradas confiáveis. Os itens hachurados representam o resultado de uma lista personalizada para o estudo de caso. Este resultado pode ser obtido através do questionário para identificação do perfil da aplicação. Os links que são encontrados em cada item de verificação se encarregam de fazer o cruzamento entre as questões do perfil e os itens de verificação. Os itens de verificação estão distribuídos em três grupos: navegação, seleção e manipulação.

NAVEGAÇÃO

1. O conhecimento de observação^① é auxiliado por consistência espacial dos espaços

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav2>> Facilitar a aquisição do **conhecimento de observação** (*survey knowledge*) (exemplo: mantendo consistência espacial de layout)

^①*Conhecimento de observação: A habilidade de reconhecimento do espaço acontece através do “conhecimento de observação” definido como a capacidade de identificação de códigos absolutos e de forma hierárquica (Darken, 1996a)*

LINK: 9(cenário, mista), 10, 11

2. São considerados princípios organizacionais como setorização e estruturas

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav3>> Considerar **princípios organizacionais** no projeto da paisagem e do layout do terreno pois eles ajudam a identificar partes menores e distintas bem como esquemas organizacionais.

LINK: 1, 9(cenário, mista), 11

3. O ambiente oferece rótulos espaciais para auxílio de localização

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav4>> Incluir **rótulos espaciais, pontos de referência e linhas de horizonte** quando apropriado. Rótulos espaciais referem-se às denominações de identificação de ambientes, registros para caminhos já percorridos e padronização de elementos.

LINK: 2(independente), 9(cenário, mista), 10(médio, grande), 11

Podem ser criados outros pontos de checagem: se existem, se são bem definidos os rótulos espaciais. Talvez exista já recomendações para cada tipo de rótulo.

4. São disponibilizados pontos de referência

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav4>> Incluir **rótulos espaciais, pontos de referência e linhas de horizonte** quando apropriado. **Dicas** (visuais ou sonoras) podem ser utilizadas com frequência pois são consideradas “elementos de referência” e identificação.

LINK: 1, 2(independente), 9(cenário, mista), 10(médio, grande), 11

5. O usuário pode identificar uma linha do horizonte no ambiente aberto

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav4>> Incluir **rótulos espaciais, pontos de referência e linhas de horizonte** quando apropriado. **Dicas:** Oferecer dicas (visuais, sonoras) frequentemente. “Dicas” são consideradas “elementos de referência” e identificação abordados

LINK: 9(cenário, mista), 11(aberto)

6. Em qualquer lugar do ambiente o usuário pode identificar sua localização ⓘ

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav5>> Oferecer informação que auxiliem ao usuário responder questões como: **Onde estou agora? Como devo proceder e me orientar corretamente? Onde eu quero ir? Como eu chego lá?**

ⓘ *Através de mapas ou pontos de referência bem definidos.*

LINK: 4(sim), 10

7. O usuário pode determinar sua orientação com facilidade

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav5>> Oferecer informação que auxiliem o usuário responder questões como: Onde estou agora? Como devo proceder e me orientar corretamente? Onde eu quero ir? Como eu chego lá?

LINK: 4(sim), 9(cenário, mista), 18 (egocêntrico)

8. É de conhecimento do usuário o destino da sua tarefa de deslocamento

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav5>> Oferecer informação que auxiliem ao usuário responder questões como: **Onde estou agora? Como devo proceder e me orientar corretamente? Onde eu quero ir? Como eu chego lá?**

LINK: 1(Busca com alvo, Busca Elaborada)

9. O usuário possui informação para chegar no destino desejado ⓘ

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav5>> Oferecer informação que auxiliem ao usuário responder questões como: **Onde estou agora? Como devo proceder e me orientar corretamente? Onde eu quero ir? Como eu chego lá?**

ⓘ *Mesmo que o usuário escolha seu destino baseado no conhecimento sobre um local existente, ele é possui informações que o levem a encontrar este destino?*

LINK: 1, 4 (sim)

10. O usuário possui um modo único de interação como metáfora de controle (é necessário fazer troca de controle entre a tarefa de manipulação ou seleção e navegação, ou seja, é necessário parar uma para iniciar a outra)

Sim Não

Sim: <<Gabbard Nav6>> Evitar navegação baseada em um **único modo de interação** fazendo com o usuário necessite trocar o modo de controle entre tarefas de navegação e manipulação. Isto provoca a necessidade de ajustes entre as tarefa tornando a interação pouco produtiva.

Não: Ok

LINK: 17 (quando houver mais de uma resposta)

11. O deslocamento natural baseia-se em uma metáfora de controle com interação centrada no corpo

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav7>> Escolher **interações centradas no corpo** quando o deslocamento acontece através de metáforas naturais (base no mundo real – andar real, virtual ou inclinação). <<Sayers Nav 21>> **Oferecer suporte para modelos naturais de navegação.** Andar por exemplo, deveria permitir volver-se sem perder a orientação corrente.

LINK: 12 (corpo) Embora esta pergunta seja igual a pergunta do perfil

12. A interação com o sistema ocorre de maneira natural (andar virtual, real ou tarefa similar)

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav8>> Escolha **metáforas de controle** que estabeleçam ligações naturais com as tarefas espaciais da aplicação. Isto implica no uso de equipamentos apropriados e por vezes mais sofisticados. Segundo Gabbard (1999) uma metáfora fraca pode causar problemas e criar problemas de entendimento entre procedimentos no mundo real e virtual.

LINK: 15 (Baseada no controle de câmera virtual)

13. Existem tarefas concorrentes, ou seja, tarefas que devam ser realizadas ao mesmo tempo

Sim Não

Sim: <<Gabbard Nav9>> Escolha **metáforas de controle** paralelas, homogênea, ou coexistente permitindo ao usuário execuções de diferentes tarefas (concorrentes) ao mesmo tempo. A execução de tarefas concorrentes é prática comum no nosso dia a dia e oferecer tal oportunidade em AVs, com o apoio de variáveis flexíveis de interação, permite que o usuário realize tarefas complexas em menos tempo.

Não: OK

LINK: 8

14. O deslocamento automático (animação) permite ao usuário identificar e reconhecer o ambiente com uma visualização facilitada (caso a resposta do perfil seja “deslocamento dependente”)

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav10>> Assegure que animações de ponto a ponto não restrinjam o **conhecimento situacional** do usuário. Em alguns casos isto pode acarretar problemas pois oferece uma experiência limitada com relação ao conhecimento espacial obtido, fazendo com que o usuário observe pouco ou quase nada do terreno virtual entre o ponto inicial e o final, fato este que reflete na aprendizagem do espaço. É interessante ressaltar que velocidade e flexibilidade no deslocamento é inversamente proporcional ao conhecimento situacional e o desenvolvimento de mapas cognitivos espaciais.

LINK: 2 (dependente)

15. O usuário pode realizar tarefas paralelas enquanto se desloca

Sim Não

Sim: <<Gabbard Nav11>> Utilizar **guias corporais** para facilitar manipulações de tarefas paralelas, por exemplo olhar em direções arbitrárias enquanto se desloca. A vantagem de utilizar guias corporais na realização de tarefas paralelas é que a mão fica livre permitindo manipulações naturais enquanto navega.

Não: Ok

LINK: 8 (Sim) Este item pode ser uma especialização do item 13 de verificação

16. O deslocamento está logicamente conectado ao direcionamento da visão

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav12>> Utilizar abordagem de **guia baseado na cabeça** quando o deslocamento e a direção do alvo estão logicamente conectados, ou para deslocamentos simples. Este tipo de interação requer um simples virar de cabeça para ajustar a trajetória do deslocamento. Ainda o usuário fica livre para usar as mãos para manipular

LINK: 12 (Componente com base na cabeça), 15 (Baseada no mundo real)

17. O usuário realiza as tarefas de interação dentro de um espaço confortável (confortavelmente sentado ou dentro de um espaço limitado para manobras)

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav13>> AV com pouca ou nenhuma manipulação, acomode o usuário sentado ou limite o espaço de manobra, considerando **componentes de navegação através de guia manual**.

LINK: 15, 17

18. Como a manipulação é pouco presente na aplicação o usuário permanece sentado para realização das outras tarefas

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Gabbard Nav13>> AV com pouca ou nenhuma manipulação, acomode o usuário sentado ou limite o espaço de manobra, considerando abordagens de **guia manuais**.

LINK: 7 (não se aplica), 9 (cenário)

19. O usuário possui alternativa de especificação do alvo

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Bowman Nav 14>> **Técnicas de passeio** Oferecer tarefas simples de passeio utilizando técnicas de especificação de alvo. Muitas vezes o caminho a ser percorrido não é de grande importância, apenas seu destino. Se o objetivo do passeio for simplesmente movimentar-se para uma nova localização, como o lugar para realização de uma nova tarefa, a metáfora de especificação de alvo simplifica e favorece o usuário na realização da tarefa de maior importância. Desta maneira o usuário mantém livre suas fontes motoras e cognitivas para a realização da tarefa alvo. O uso desta técnica é feito quando o usuário possui conhecimento prévio da localização do próximo local de “trabalho” fazendo com a escolha deste destino seja de fácil seleção. Caso o usuário deseje obter uma visão aérea do ambiente, esta técnica não é a mais apropriada.

LINK: 1 (Busca com alvo)

20. Existe um teletransporte com uma transição suave de relocação

Sim Não

Sim: <<Bowman Nav15>> Evitar o uso de teletransporte, mas se existir dar preferência à transições suaves para os deslocamentos entre locais.

Não: Ok

LINK: 2(dependente), 4

21. O direcionamento do deslocamento possui técnica que se baseia na direção do olhar

Sim Não

Sim: <<Bowman Nav16>> Se utilizar a técnica de olhar (*steering*) é necessário treinar os usuários para que adquiram estratégias na aquisição de fontes de conhecimento. Usar especificação de alvo ou técnicas de plano de rotas se a orientação espacial for necessária e o treinamento não for possível de ser realizado.

Não: Ok

LINK: 12 (com base na cabeça), 15 (baseado no mundo real)

22. O deslocamento se restringe a 2 dimensões

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Bowman Nav17>> Restringir o passeio a uma ou duas dimensões se possível objetivando reduzir a carga cognitiva. Quanto maior for a dimensionalidade do caminho que o usuário percorre, mais facilmente ele esquecerá as informações adquiridas ao longo do deslocamento. Restringir o usuário ao plano do chão ajuda a reduzir sua carga cognitiva. Esta recomendação deve ser balanceada com o fato de que o deslocamento 3D ainda aumenta a orientação se utilizado corretamente.

LINK: 9 (cenário), 11 (ambiente aberto)

23. O direcionamento do deslocamento está associado ao ponto de vista, ou seja, o usuário não pode olhar para um lado e se deslocar para outro

Sim Não

Sim: <<Bowman Nav18>> Se o movimento relativo for uma tarefa importante o melhor é utilizar técnicas de direcionamento não ligadas ao controle associado ao ponto de vista, pois segundo Bowman (1999) isto garante a eficiência na execução da tarefa. Por outro lado, se o deslocamento relativo não for importante a técnica de direcionamento associado ao olhar (*gaze-direct steering*) reduz a carga cognitiva do usuário. A navegação relativa refere-se ao deslocamento que o usuário necessita fazer posicionando-se de forma ‘relativa’ a um alvo específico dentro do AV. Na navegação absoluta o usuário possui conhecimento sobre a localização do alvo de destino não necessitando realizar um deslocamento de busca e manobra.

Não: Ok

LINK: 1.1 (Relativo)

24. O usuário pode controlar com facilidade a velocidade de deslocamento

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Sayers Nav19>> **Habilitar controles flexíveis de velocidade de movimentação oferecendo** controles de fácil compreensão e uso. Embora todas as interfaces avaliadas ofereciam controles de velocidade nenhuma oferecia indicações claras ao usuário de como controlar a velocidade e muitos usuários sentiram desorientação e colisões frequentes. Mesmo quando encontravam tais controles os usuários não sentiam precisão suficiente e notaram pouca diferença nos controles fixos oferecidos. (Sayers, 2000)

LINK: 3(Variável), **Poderia haver outro item de checagem questionando a precisão no uso do controle virtual de deslocamento utilizando esta mesma recomendação. (LINK: 15.1)**

25. O usuário pode identificar com facilidade a direção do deslocamento

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Sayers Nav20>> **Oferecer indicações de direção do movimento.** As interfaces mais apropriadas para tal resultado foram aquelas que ofereciam alguma indicação da direção do movimento. (Sayers, 2000)

LINK: 4, 18 (exocêntrico)

26. O usuário conta com o apoio de comandos de “desfazer” ação já realizadas.

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Sayers Nav22>> **Oferecer fácil retorno de ações** permitindo uma reversão com facilidade. Uma opção de “desfazer” (*undo*) permite fácil correção de erros.

LINK: 6 Poderia ter um item no perfil: O usuário tem consciência e controle das ações que realiza no SRV?

27. O usuário pode se localizar através de um mapa com orientação e posicionamento

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Sayers Nav23>> **Disponibilizar mapas do AVs apresentando orientação e posição do usuário.** Oferecer um “mapa” do AV mostrando a posição e orientação do usuário. Esta recomendação partiu dos próprios participantes quando questionados sobre como melhorar a interface (técnica comumente encontrada em aplicações de jogos).

LINK: 4.1 (Mapas) Poderia ter uma recomendação específica para Mapas, elemento de orientação

28. Os controles virtuais de interface possuem textos com informações a respeito do seu uso

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Sayers Nav24>> **Oferecer elementos de interface intuitivos e de fácil uso.** Oferecer botões e ícones intuitivos de fácil uso com textos informativos a respeito do ícone ou botão na interfaces.

LINK: 15.1 (Sim)

29. Todas as ferramentas virtuais de interface são acessíveis visualmente sem necessidade de atalhos

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Sayers Nav25>> **Assegurar que todos os dispositivos que oferecem funcionalidade internas possam se vistos na interface,** evitando esconder ou tornar inacessível alguma funcionalidade disponível. Isto pode ocorrer quando algum recurso depende do acesso único via teclado.

LINK: 13(interface virtual)

30. A taxa de retorno da visualização (quadros por segundo) é adequada (independente da tarefa)

Sim Não

Sim: Ok

Não: <<Sayers Nav26>> **Oferecer retorno visual instantâneo do deslocamento evitando movimentos rudes como pular, ou cair.** A inconsistência do movimento causada pela baixa taxa de retorno da visualização (pulos incondicionais) deve ser evitado.

LINK: 15, 20(visual)

SELEÇÃO

1. A seleção de objetos é feita de forma direta

Sim Não

Sim: Utilizar manipulação direta para seleções do objeto quando houver proximidade espacial ou baseado em formatos como acontece nas tarefas realizadas dia a dia <<Gabbard Sele1>>

Não: Ok

LINK: 5.2 (direta)

2. Existe seleção remota de um único objeto que ocorre de forma indireta

Sim Não

Sim: Ok

Não: Quando selecionar um objeto à distância através de manipulação indireta exagerar o tamanho do objeto, aparência, distância entre objetos, etc. <<Gabbard Sele2>>

LINK: 5.1(simples), 5.2 (indireta)

3. A tarefa de seleção múltipla exige alto nível de interação e análise conceitual

Sim Não

Sim: Facilitar a seleção de objetos múltiplos através de métodos que permitam identificar o objeto pelo seu nome ou por característica de grupo (como selecionar todos os tanques inimigos) <<Gabbard Sele3>>

Não: Ok

LINK: 5.1(múltipla)

4. A seleção múltipla é realizada dentro do campo visual do usuário para objetos distantes mas correlacionados espacialmente

Sim Não

Sim: Utilizar limites (*Bounding Boxes*), marcas, faixas de borracha (*ruber band*), etc. para seleções múltiplas baseada em relacionamento espacial. <<Gabbard Sele4>>

Não: Ok

LINK: 5.1(múltipla)

5. Existe necessidade de seleção de objetos por descrição temporal, descritiva e/ou relacional

①

Sim Não

Sim: Utilizar meios indiretos de seleção através de técnicas de requisição que podem ser baseadas em atributos de características simples de objeto, relações temporais e ou espaciais. Isto ocorre quando necessita-se fazer uma seleção com a seguinte descrição: “selecionar todos os tanques (*característica do objeto*) inimigos que se moveram em um raio de ‘x’ metros (*espacial*) de uma referência nas últimas 24 horas (*temporal*)”. <<Gabbard Sele5>>

Não: Ok

① Seleção que depende de uma variável de tempo (quando aconteceu algo com o objeto: semáforos que estavam abertos no momento x). A seleção descritiva possui a mesma conotação e classifica por coincidência de descrição (semáforos altos)

LINK: 5.1(múltipla)

6. O usuário recebe retorno para a tarefa de seleção principalmente por canal visual

Sim Não

Sim: Ok

Não: Prover o usuário com retorno de seleção apropriado ressaltando o objeto selecionado dos demais objetos do AV (exemplo: Iluminação ou delineamento do objeto ou retorno aural). Eventualmente o usuário pode controlar a seleção através de uma confirmação verbal de seleção. É importante considerar relações espaciais durante o retorno de seleção considerando que soluções de delineamento podem não ser eficazes quando o objeto se encontra longe ou soluções de *bounding box* em grandes dimensões podem sobrepor outros objetos. <<Gabbard Sele6>>

LINK: 20(visual)

7. Existe uma grande quantidade de objetos no cenário concorrendo com objeto alvo de seleção

Sim Não

Sim: Utilizar transparência para evitar oclusão durante a seleção <<Gabbard Sele7>>

Não: Ok

LINK: 5.4 (sim)

8. O cursor de seleção depende de manipulação em espaço tridimensional

Sim Não

Sim: Tentar oferecer uma alta taxa de atualização para ajudar o usuário na aquisição dinâmica de alvos tridimensionais. O ser humano possui dificuldades para compreender o espaço tridimensional pois sua relação com ele é apenas de experimentação. Com isto justifica-se a dificuldade de posicionamento de cursores de seleção em ambientes tridimensionais, o que requer boa aptidão espacial e boa coordenação entre olhos e mãos.

<<Gabbard Sele8>>

Não: Ok

LINK: 17.1 (raio, cone, cursor 3D)

9. O usuário pode identificar com facilidade (tendo também fácil acesso) ao ponto de intersecção do cursor com o objeto de seleção (alvo de seleção distante)

Sim Não

Sim: Ok

Não: Os pontos de seleção do objeto devem ser o mais claro e acessível possível, facilitando interseções com objetos muito pequenos através de áreas de intersecção relativamente grandes. Após intersecção o objeto deve ser selecionado através de um comando por botão, voz ou gesto <<Gabbard Sele9>>

LINK: 5.4 (sim) 17(virtual)

10. Após a intersecção do cursor com o objeto, o controle de seleção é de fácil execução e seu resultado é eficiente (alvo de seleção distante)

Sim Não

Sim: Ok

Não: Utilizar técnicas de controle tipo “abordagem por aproximação” (*damping*), “auto posicionamento ou imã” (*snapping*) e pesca (*trolling*) para ajudar na tarefa de seleção dos objetos. <<Gabbard Sele10>>

LINK: 5(sim), 17(virtual)

11. O controle do cursor tridimensional de seleção é relativo

Sim Não

Sim: Ok

Não: Cursores tridimensionais devem ser baseados em movimentação relativa garantindo familiaridade espacial com um objeto de conhecimento do usuário (como o seu corpo por exemplo). Exemplo, técnicas de interação tipo go-go mantêm a mão virtual próximo ao corpo virtual quando a mão real esta próxima ao corpo real, mas ao estender o braço para seleção de objetos a grandes distâncias deve ser considerado o mapeamento da mão virtual relativa à referência que é corpo do usuário através de mapas não lineares (o volume de tarefa física do usuário pode expandir para se enquadrar ao tamanho do mundo virtual). <<Gabbard Sele11>>

LINK: 17(virtual)

12. Os objetos de seleção são pequenos e localizados entre vários outros

Sim Não

Sim: Utilizar um métodos de seleção do tipo Raio e Cone o que significa uma técnica de extensão de apontamento. É importante considerar qual parte do raio ou cone é válida para a intersecção de seleção do objeto. Esta especificação pode ser realizada pelo usuário durante a seleção. O raio pode exigir apenas o controle de profundidade quando a parte válida de desseleção for a ponta. O cone pode exigir além da profundidade o diâmetro de abertura de sua boca. Ao contrário do raio a técnica por cone possibilita seleções múltiplas. <<Gabbard Sele12>>

Não: Ok

LINK: 5(sim)

13. Existe controle de ajuste do diâmetro do cone

Sim Não

Sim: Ok

Não: A técnica de cursor por cone exigir o controle de distanciamento de base para interceptar um objeto. Utilizar um retorno visual do tipo *spotlighting*, por exemplo, ajuda o usuário identificar espacialmente a

localização da base do cone uma vez que ele pode aumentar quando ganha profundidade. O aumento em seu diâmetro de base pode permitir seleções múltiplas, mas quando ajustado para um diâmetro de base pequeno ele cone passa a funcionar como um raio. <<Gabbard Sele13>>

LINK: 17.1(cone)

14. É necessário agilidade na seleção remota de objetos variados

Sim Não

Sim: Utilizar técnicas de raio para seleção remota se velocidade for uma necessidade. Esta técnica funciona com mais eficiência que extensão de braço quando existem várias possibilidades de distâncias de objetos, tamanhos e densidade de objetos para seleção. Isto deve-se ao fato desta técnica ser essencialmente 2D necessitando de mudanças apenas inclinação (pitch) e giro (yaw) do pulso. <<Bowman Sele14>>

Não: Ok

LINK: 5.4(sim)

15. Existe uma integração natural entre a técnica de seleção e de manipulação

Sim Não

Sim: Ok

Não: Assegurar que a técnica de seleção utilizada integre-se bem com a técnica de manipulação escolhida permitindo uma transição. Uma técnica que se mostrou adequada á esta tarefa é de extensão de braço pois permite que a mesma mão que realiza a seleção continue manipulando o objeto. Outra opção é a técnica HOMER que Bowman (1999) apresenta como apropriada pois permite a integração de raio com uma eficiente técnica de manipulação. <<Bowman Sele15>>

LINK: 6(Dependente),16(sim)

16. A seleção por raio ou extensão de braço é realizada em um ambiente que replica o mundo real

Sim Não

Sim: Ok

Não: Se possível projetar o ambiente para maximizar a percepção quanto ao tamanho dos objetos pois elas afetam erros de seleção por causa da distância e tamanho dos objetos. A solução pode estar na combinação de ângulos de visão ou através do tamanho percebido do objeto na imagem de seleção. <<Bowman Sele16>>

LINK: 17(direto do usuário: Extensão de Braço) 17.1 (raio, cone)

MANIPULAÇÃO

1. O usuário pode identificar a localização e orientação de superfícies do objeto manipulado

Sim Não

Sim: Ok

Não: Oferecer precisão na **descrição da localização e orientação de superfícies** permite dicas visuais essenciais para julgar movimentação e orientação. O uso regular de texturas e níveis de superfícies ajuda na percepção de gradientes, ângulos e o tempo de colisão entre um objeto com uma superfície sólida. <<Gabbard Mani1>>

LINK: 6(Depende), 7(exceto não se aplica)

2. O retorno da ação de manipulação é instantâneo ou conta com um retorno de espera para conclusão da tarefa– Existe um retorno instantâneo da ação do usuário, mesmo que este retorno seja apenas um aviso de espera ao invés do resultado esperado.

Sim Não

Sim: Ok

Não: Uma vez que a maioria da manipulações exige alto nível de precisão temporal e espacial é importante diminuir o tempo de espera para realização da tarefa. Longo tempo de espera pode causar impaciência e frustração no usuário que acaba realizando a tarefa novamente enquanto não identifica que a ação de manipulação está prestes a ser realizada. <<Gabbard Mani2>>

LINK: 20

3. Existe mais de uma forma de retorno para a ação de manipulação

Sim Não

Sim: Ok

Não: A percepção cognitiva pode ser aumentada se o retorno for reforçado de forma a suportar interações multimodais. Oferecer alternativas para os sensores de entrada (aural e háptico além visão) melhora não só a percepção, mas a performance de manipulação. <<Gabbard Mani3>>

LINK: 20

4. O usuário possui uma visão não obstrutiva e detalhada para a realização da tarefa de manipulação

Sim Não

Sim: Ok

Não: Oferecer um quadro de referência espacialmente relevante e informativo. Dependendo do tipo de manipulação o usuário pode necessitar de visões egocêntricas e exocêntricas simultaneamente. <<Gabbard Mani4>>

LINK: 6(Dependente), 8(sim)

5. A significação dos gestos na tarefa de manipulação (eventualmente navegação) é de fácil compreensão

Sim Não

Sim: Ok

Não: A maior vantagem na utilização de equipamentos que permitam gestos é a fácil associação com seus significados. Evitar, portanto, gestos não intuitivos, não naturais ou representados por fraco mapeamento. Algumas soluções para uso de luvas, por exemplo, adotam combinações como dedão + indicador igual seleção; dedão + dedo médio igual escalonamento e dedão + dedo anular igual rotação. Apesar da fácil implementação estas combinações podem ser difíceis de serem lembradas. O usuário pode lembrar a tarefa a ser realizada mas terá dificuldade em lembrar do procedimento. <<Gabbard Mani5>>

LINK: 17(Direto), 12(reconhecimento gestual)

6. O usuário do sistema possui conhecimento prévio sobre o controle gestual utilizado na realização das tarefas

Sim Não

Sim: Ok

Não: A utilização de luvas de RV deve considerar a experiência do usuário para determinar o número de modos ou combinações de gestos para manipulação. A tarefa de agarrar um objeto pode ser representada por um punho fechado (ou mão fechada), mas para manter controle sob o objeto o usuário deve manter o gesto (punho fechado). Isto limita outros tipos de manipulação existentes como por exemplo rotações com grandes ângulos, que devem exigir a solta do controle. Isto implica na implementação de meios que permitam transições entre gestos, mas que devam ser tomadas em continuidade. Entretanto, esta constante mudança de gestos pode ser de difícil reconhecimento uma vez que dedos e mãos estão em constante movimentação, o que exige uma solução de exagero para os gestos garantindo assim seu reconhecimento. Esta solução no entanto pode ser desconfortável para o usuário. <<Gabbard Mani6>>

LINK: 17(Direto), 12(reconhecimento gestual)

7. A manipulação é realizada através de gestos com duas mãos

Sim Não

Sim: Ok

Não: Quando a aplicação for preferencialmente baseada em manipulação é interessante oferecer solução de interação por gestos com duas mãos, pois esta solução auxilia em procedimentos mais complexos e intuitivos como rotações, escalonamento e translação. Visto que muitas das tarefas realizadas no mundo real exigem o uso de ambas mãos, o usuário acaba tentando utilizar uma mão extra mesmo que esta não esteja sendo suportada pelo sistema. O uso de ambas mãos suporta a percepção do usuário no espaço tridimensional ajudando-o a se sentir parte do mundo virtual. Isto acontece porque o usuário passa a ter uma habilidade mais natural de compreender seu posicionamento devido suas referências com o corpo e entre mãos. <<Gabbard Mani7>>

LINK: 9 (objeto), 13(3 graus de liberdade), 17(Direto)

8. A adoção de ambas mãos respeita o uso da mão dominante para tarefas de maior habilidade

Sim Não

Sim: Ok

Não: Em tarefas de manipulação utilizando as duas mãos é importante destinar a mão dominante para manipulações que necessitem maior habilidade deixando a outra mão para tarefas secundárias. Verificou-se

ainda que a mão não dominante realizará tarefas com movimentação mais detalhada objetivando a orientação da mão dominante. <<Gabbard Mani8>>

LINK:17(Direto), 12(reconhecimento gestual)

9. É utilizado algum recurso para solucionar restrições naturais e limitações humanas para a tarefa de rotação

Sim Não

Sim: Ok

Não: A tarefa de rotação pode ser restrita às limitações humanas, por isso é importante incorporar mecanismos que funcionem como forma de superar a restrição natural e limitação humana de mover o pulso por exemplo. O uso de um mecanismo na forma de embreagem para conectar e desconectar a direção pode ser uma solução que **apóia à técnica de interação possibilitando ao usuário reposicionar ou reorientar o dispositivo de interação sem afetar o estado do sistema**. O objetivo é oferecer ao usuário uma forma de alterar a relação entre a posição física do usuário e sua correspondente virtual com o intuito proporcionar-lhe uma posição confortável de descanso. Esta solução pode ser aplicada quando forem exigidas atuações com rotações complexas, tendo o cuidado de não comprometer a praticidade de uso do dispositivo (e por consequência a realização da tarefa) utilizando mecanismos precários. Gabbard destaca ainda a importância de separar o mecanismo de apoio do dispositivo primário de entrada, dando como exemplo a utilização de comando de voz como recurso. Enquanto utiliza comandos de voz o usuário está livre para realizar orientações sem se preocupar com o uso do mecanismo de apoio. Outras soluções são 1) uso de um botão como mecanismo de apoio localizado no mesmo controle já utilizado como dispositivo de posição espacial e 2) uso de objetos virtuais que auxiliam na tarefa de rotação do objeto alvo. <<Gabbard Mani9>>

LINK:7(Posicionamento)


10. Existe necessidade de troca de atributos do objeto

Sim Não

Sim: Ok

Não: Permitir ao usuário modificar atributos básicos dos objetos. Modificação de atributos do objeto representa a tarefa de alterar tamanho ou aplicar deformações. Permitir a troca de atributos em cena torna a tarefa mais produtiva do que se fosse realizada através de um programador que necessita mexer em códigos. Ao alterar atributos básicos do objeto, o que deve ser oferecido de maneira intuitiva, o usuário desenvolve um mapa cognitivo mais elaborado do espaço virtual. Quando a aplicação permitir é interessante adotar a possibilidade de modificação de comportamento do objeto visando aumentar o número de cenários na aplicação. <<Gabbard Mani10>>

LINK:7(Modificação de Atributos)

 Representa a tarefa de alterar tamanho ou aplicar deformações

11. O usuário pode identificar com facilidade as tarefas a serem realizadas com o objeto (inclusive sabe quais objetos são selecionáveis)

Sim Não

Sim: Ok

Não: É importante suportar interface com procedimentos de requisição determinando quais ações estão disponíveis aos objetos. **Requisição é uma forma de solução ligada à interface que permite ao usuário determinar tipos de ações que são disponíveis para determinados objetos**. Este procedimento oferece ao usuário auxílio na forma de identificar questões como: a) o que posso fazer com este objeto? b) o objeto possui algum comportamento? e c) como acionar os comportamentos? A apresentação dos resultados de requisição pode ser uma tarefa mais difícil de ser realizada do que a própria requisição, pois esta atividade depende do tipo de aplicação e da natureza da requisição. A requisição de objetos deve oferecer algum tipo de retorno visual diretamente associado ao objeto em cena (aceso ou contornado), ou ainda requisições de informação com retorno do tipo textual no próprio AV podem também ser uma solução apropriada. <<Gabbard Mani12>>

LINK: 5 (sim), 6(Dependente), 7(exceto não se aplica), 17(Virtual, Agente)

12. A tarefa de manipulação conta com um número suficiente (não mais do que o desejado) de graus de liberdade para a realização da tarefa

Sim Não

Sim: Ok

Não: Reduzir, se a aplicação permitir, o número de graus de liberdade a serem utilizados para a manipulação. Isso permite uma redução da complexidade de interação do ponto de vista do usuário. Isto pode ser realizado através da consideração de características da aplicação (em uma aplicação de projeto de interiores os móveis devem permanecer no chão) transferindo complexidade para o computador (utilizando restrições ou simulação

física) ou oferecendo controles que permitam a manipulação de um ou vários graus de liberdade (DOFs) << Bowman Mani13>>

LINK: 13 (dispositivos com 3 ou mais graus de liberdade)

13. A manipulação direta é realizada com a ajuda de uma mão virtual ao invés de ferramentas virtuais

Sim Não

Sim: Ok

Não: Permitir manipulação direta com a mão ao invés de utilizar um ferramentas virtuais. O uso de ferramentas virtuais como raios permitem uma seleção eficiente mas comprometem os procedimentos de manipulação pois representam formas indiretas de posicionar e orientar o objeto. É sabido que técnicas de manipulação direta oferecem uma performance melhor devido a facilidade de posicionamento e orientação do objeto virtual com as próprias mãos do usuário. O ideal é combinar técnicas 2D de seleção (raio) e técnicas de manipulação direta centrada nas mãos do usuário (HOMER e dedo pegajoso)<< Bowman Mani15>>

LINK: 17(direto virtual) *Dependentes*

14. Existe mudança constante da referência do usuário (ego exo) durante a realização da tarefa de manipulação

Sim Não

Sim: Ok

Não: Evitar escalonamento freqüente do usuário ou ambiente pois isto implica em resultados desagradáveis. Apesar de auxiliar a percepção do usuário com relação ao cenário esta solução causa desconforto ao usuário (tontura e náusea). << Bowman Mani16>>

LINK: 19 (ego exo) *dependentes*

15. A manipulação de objetos distantes é realizada através de manipulação indireta

Sim Não

Sim: Ok

Não: Utilizar manipulação indireta para manipulação de objetos distantes objetivando um aumento de eficiência e precisão. << Bowman Mani17>>

LINK: 6(Dependente), 17(Virtual, Agente) 5.2 (Indireta)