

ANDRÉ LUIZ ALENCAR DE MENDONÇA

AVALIAÇÃO DE INTERFACES CARTOGRÁFICAS PARA DISPOSITIVOS COM
TELA SENSÍVEL AO MULTITOQUE

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Área de Concentração em Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de doutor.

Orientadora: Prof^a Dr^a Luciene Stamato Delazari

CURITIBA

2013



Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Caixa Postal 19001 - Fone: (41) 3361-3153
CEP 81531-980 - Curitiba - PR - Brasil - e-mail: cpgcg@ufpr.br

Ata da sessão pública de defesa de Tese para obtenção do grau de Doutor em Ciências Geodésicas. Aos vinte e dois dias do mês de maio de dois mil e treze, na sala PI-13 do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, às 13:30 horas, reuniu-se em sessão pública a Banca Examinadora da prova de Defesa de Tese do candidato ao Título de Doutor em Ciências **ANDRÉ LUIZ ALENCAR DE MENDONÇA**, composta pela Prof^a. Dr^a. Luciene Stamato Delazari como orientadora e presidente (UFPR), e os Prof. Dr. Luiz Ernesto Merkle (UTFPR), Prof^a. Dr^a. Laura Sanchez Garcia (UFPR), Prof. Dr. Henrique Firkowski (UFPR) e a Prof^a. Dr^a. Claudia Robbi Sluter (UFPR) como membros. Após os esclarecimentos prestados pelo candidato às arguições feitas pelos membros da Banca, a Sr^a. Presidente suspendeu temporariamente a sessão a fim de que a Banca se reunisse em sessão secreta para deliberar sobre o resultado. Reaberta a sessão, a Sr^a. Presidente deu conhecimento ao candidato que de conformidade com o Art. 28º da Resolução 45/90 do CEP, a Tese foi **aprovada**, apenas condicionada à apresentação, no prazo de sessenta dias, da redação final com as alterações sugeridas.

Curitiba, 22 de maio de 2013.

Prof^a. Dr^a. Luciene Stamato Delazari – Orientadora e Presidente (UFPR)

Prof. Dr. Luiz Ernesto Merkle – Membro (UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Laura Sanchez Garcia - Membro (UFPR)

Prof. Dr. Henrique Firkowski (UFPR)

Prof^a. Dr^a. Claudia Robbi Sluter (UFPR)

"AVALIAÇÃO DE INTERFACES CARTOGRÁFICAS PARA DISPOSITIVOS COM
TELA SENSÍVEL AO MULTITOQUE"

**Aos que insistem em ser contrários à ordem.
Aos que insistem em questionar.
Aos que sabem apreciar.
Aos cheios de vida.
Aos cientistas.
Aos amantes.
Aos artistas.
A ti.**

Dedico

AGRADECIMENTOS

De todo o coração penso em agradecer a todos os que direta e indiretamente contribuíram pra que este estudo fosse terminado. Muitas destas pessoas talvez nem imaginem o seu grau de participação, mas espero que seus nomes nas próximas linhas possam corrigir esta falha. Que todos saibam que os guardo na memória com muito carinho e sou imensamente grato pela ajuda.

Em primeiro lugar, agradeço minha família, especialmente minha mãe, Odeth, meu pai, Raimundo, que incutiram em minha personalidade a vontade de questionar. Meus irmãos, Anie e Ruy, por serem meu espelho. E à família que escolhi, minha esposa Louise, um beijo de obrigado para quem esteve do meu lado, mesmo que dormindo, em todos os momentos do início ao fim da confecção dessa pesquisa. Muito obrigado!

Agradeço de corpo e alma à minha amiga e orientadora Luciene Delazari. Nossos cafés e discussões serviram não só pra tornar esta pesquisa algo factível, mas também para se descobrir uma amizade para toda a vida. Muito obrigado!

Meus caros professores do CPGCG, em especial Claudia Robbi, Jorge Centeno, Silvio Freitas, Henrique Firkowski, Hideo Araki. Professores externos ao curso: Laura Sanchez, Luiz Ernesto Merkle. A vocês meu mais sincero abraço e a palavra sincera: vocês são meu maior exemplo. Muito obrigado!

Amigos todos, seus nomes não precisam estar aqui pra que saibam que esta tese só existe por vocês me acompanharem sempre, seja em conversas online, seja na mesa de um bar, seja na beira do mar. Muito obrigado!

Aos amigos do laboratório de Pesquisa em Cartografia da UFPR, João (em especial pela ajuda com a aplicação dos testes desta tese), Sebastián, Marília, Mônica, Hecrálito, Suzana, Eduardo, Christopher, Gilaida, Sergio, Melissa, Pâmela... Todos vocês são parte importante disso! Muito obrigado!

Amigos do CPGCG, em especial, Diuliana, Suelen, Karol, Anna, Renan, Márcio, bendito foi o dia em que nos conhecemos. Espero sempre vocês em minha casa com uma boa música e uma bela garrafa de vinho! Muito obrigado!

Por último, não menos importante, obrigado a todos os voluntários participantes dos testes que nossa equipe realizou nos últimos anos. Obrigado por confiarem. Obrigado por ajudar. **Muito obrigado!**

RESUMO

Devido à popularização de dispositivos com tela sensível a toque, popularizaram-se também as aplicações cartográficas desenvolvidas para este tipo de aparelho. As análises das interações entre usuários e interfaces, neste contexto, são ainda de literatura incipiente. Nesta tese procura-se avaliar, durante interações que simulam o uso real, quais aspectos influenciam na eficácia e eficiência no cumprimento de tarefas rotineiras apoiadas pelo uso de mapas. O objeto de estudo desta pesquisa são mapas interativos, na qual pessoas em geral manipulam uma interface para que se localizem no espaço, estejam elas em ambiente interno ou externo. Uma amostra de 30 usuários, cada um executando 3 diferentes atividades comuns no uso de mapas interativos em dispositivos móveis com tela sensível ao toque, foi submetida a testes de usabilidade, que incluíram várias técnicas de IHC como o registro de tela e toque, técnicas de observação de uso, *think aloud* e uso de questionários, tudo em conjunto com a quantificação de eficácia, eficiência e carga de trabalho. Além disso, uma amostra menor, de 5 usuários, foi analisada e monitorada durante a execução de atividades em campo, com métodos semelhantes. O processo de tomada de decisão que culminou com as escolhas de interação foi analisado e foram identificados problemas e apropriações das interações. Dentro deste processo, foram identificados e mensurados critérios específicos para cada tarefa, de forma a catalogar todas as variações possíveis durante o uso desde a forma como se segura o dispositivo até a busca por ferramentas inexistentes no software usado. O resultado deste conjunto de análises subsidiou a sugestão de técnicas mitigadoras e potencialmente benéficas para o projeto cartográfico de mapas interativos em telas sensíveis ao multitoque, como a sugestão de relacionar a escala do mapa interativo com a possibilidade de clique e o tamanho da área útil do dispositivo apontador usado.

Palavras-chave: Mapas interativos; Telas sensíveis ao toque, Interação, Projeto cartográfico, Avaliação de interfaces

ABSTRACT

Since multi-touch screen devices like tablets and smartphones have been becoming the mobile market main products, map software are also a central part of this popularization, playing an important role in this process. This thesis seek to evaluate users during common map uses with these devices and what are the aspects that can have positive or negative influence in effectiveness of ordinary tasks. This research is all about maps and its related interaction processes, when people manipulate an interface in order to locate something in the surrounding space. One aspect of interest of this kind of device use is that it can occur at indoor or outdoor environments. For this work, a sample of 30 users has executed 3 different activities, simulating real needs associated to this kind of device in everyday use. This sample was evaluated by means of HCI techniques, including screen and interaction recording, questionnaires, and think aloud protocol, all together with criteria to qualify interaction, effectiveness and efficiency, and workload after tasks' accomplishment. With similar methods, a smaller 5 user sample was also evaluated in outdoor tasks using interactive maps. The process for decision-making in proposed tasks was then summarized and analyzed, and ways of interaction and related issues were characterized. In this analysis, specific criteria for each task was identified and measured, in order to list every possible variation during map use in selected devices. Measures were carried out from the position of handling devices to number of times the user interacted with a tool that he or she expected to be present in the interface. Results provided a foundation for proposal on mitigation techniques, potentially beneficial to map design, specifically applied to touchscreen devices. One example is finger-friendly mapping which based on the size of finger-area can handle scale and available query selection (click-able) area on map features.

Keywords: Interactive maps, Multitouch and touchscreen map devices; Interaction, Map design, Use and user issues, Interface evaluation

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO DE AÇÕES HUMANAS	35
FIGURA 2 – TÉCNICA DE MIRAS CRUZADAS PARA INTERAÇÃO COM TELAS.....	50
FIGURA 3 – TÉCNICA DE MANIPULAÇÃO-DA-PRECISÃO	50
FIGURA 4 – DIRETRIZES PARA A INTERAÇÃO EM PÉ COM DISPOSITIVOS DE TELA SENSÍVEL AO TOQUE.....	53
FIGURA 5. PROPRIEDADES DOS DEDOS UTILIZÁVEIS NAS TÉCNICAS DE INTERAÇÃO MULTITOQUE	60
FIGURA 6 – ESTÁGIOS DA VISÃO	70
FIGURA 7 – MODELO DE PESQUISA CIENTÍFICA EM VISUALIZAÇÃO (DIBIASE, 1990)	74
FIGURA 8 – MODELO DE INTERAÇÃO CARTOGRÁFICA	77
FIGURA 9 – MODELO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM PROCESSOS COGNITIVO-INTERATIVOS NA ORIENTAÇÃO USANDO MAPAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS	82
FIGURA 10 – ELEMENTOS PARA O CONTEXTO DO USUÁRIO DE MAPAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS	84
FIGURA 11 – BARRA DE ZOOM.....	87
FIGURA 12 – INTERFACE COM NÍVEIS DE ZOOM E DIREÇÕES DE PAN PRÉ-DETERMINADAS.....	87
FIGURA 13 – FUNCIONAMENTO DE FERRAMENTA ZOOM E PAN INTEGRADAS	89
FIGURA 14 – INTERFACE-MAPA COMPOSTA PELO MAPA PRINCIPAL E MAPA DE REFERÊNCIA	91
FIGURA 15 – MODELO DE USABILIDADE PARA INTERFACES EM DISPOSITIVOS UBÍQUOS	97
FIGURA 16 – MODELO DE ATRIBUTOS PARA ACEITABILIDADE DE UM SISTEMA.....	99
FIGURA 17 – FORMULÁRIO NASA TLX	111
FIGURA 18 – ETAPAS DA METODOLOGIA PROPOSTA	129
FIGURA 19. EXEMPLOS DE GESTUAIS	130
FIGURA 20 – DISPOSITIVO E MAPA DE CURITIBA (TAREFA1)	136
FIGURA 21 – DISPOSITIVO E MAPA DE FLORIANÓPOLIS (TAREFA1).....	137
FIGURA 22 – DISPOSITIVO E MAPA DE MANAUS (TAREFA1)	137
FIGURA 23 – DISPOSITIVO E MAPA DE UBERLÂNDIA (TAREFA1)	137
FIGURA 24 – REPRESENTAÇÃO SEM ESCALA DOS MAPAS DA TAREFA.....	138

FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO SEM ESCALA DOS MAPAS DA TAREFA 3.....	139
FIGURA 26 - PERFIL DA AMOSTRA – IDADE	157
FIGURA 27 - PERFIL DA AMOSTRA – OCUPAÇÃO DECLARADA.....	158
FIGURA 28 - PERFIL DA AMOSTRA – EXPERIÊNCIA COM MAPAS.	158
FIGURA 29 - PERFIL DA AMOSTRA – FREQUÊNCIA DE USO DE MAPAS EM GERAL	159
FIGURA 30 - PERFIL DA AMOSTRA – FREQUÊNCIA DE USO DE MAPAS DIGITAIS.....	159
FIGURA 31 - PERFIL DA AMOSTRA – FREQUÊNCIA DE USO DE DISPOSITIVOS TOUCHSCREEN.....	159
FIGURA 32 - QUANTITATIVO DE MAPAS UTILIZADOS NOS TESTES	160
FIGURA 33 - REPRESENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA PARA A EXECUÇÃO DA “TAREFA 1”	163
FIGURA 34 – SOBREPOSIÇÃO DE FEIÇÕES NA TAREFA 2	168
FIGURA 35 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – GERAL	174
FIGURA 36 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – POR IDADE.....	175
FIGURA 37 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – EXPERIÊNCIA EM MAPAS	175
FIGURA 38 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – FREQUÊNCIA NO USO DE MAPAS	176
FIGURA 39 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – EXPERIÊNCIA EM MAPAS DIGITAIS	176
FIGURA 40 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – EXPERIÊNCIA COM DISPOSITIVOS TOUCH	177
FIGURA 41 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – DISPOSITIVO UTILIZADO	177
FIGURA 42 - ASPECTO DA POSIÇÃO MAJORITÁRIA DE USO.....	179
FIGURA 43 - MANUSEIO DO DISPOSITIVO	180
FIGURA 44 – MAPAS USADOS NO ASPECTO HORIZONTAL	181
FIGURA 45. DESEMPENHO VERSUS ASPECTO DO DISPOSITIVO	182
FIGURA 46 - CARGA DE TRABALHO E ASPECTO CONDIZENTE	182
FIGURA 47 - VARIAÇÃO DO NORTE NA INTERFACE	184
FIGURA 48 – TIPOS DE ZOOM UTILIZADOS MAJORITARIAMENTE	188

FIGURA 49 – TIPOS DE PAN UTILIZADOS MAJORITARIAMENTE	190
FIGURA 50 – RESULTADO GERAL DE CLIQUES INÚTEIS PARA EXECUÇÃO DA TAREFA	192
FIGURA 51 – INTERAÇÕES INÚTEIS E SUA RELAÇÃO COM A PERCEPÇÃO DE CARGA DE TRABALHO	193
FIGURA 52 – INTERAÇÕES INÚTEIS E SUA RELAÇÃO COM O DESEMPENHO	193
FIGURA 53 – INTERAÇÕES INÚTEIS E SUA RELAÇÃO COM A FRUSTRAÇÃO	194
FIGURA 54 – INTERAÇÕES INÚTEIS E SATISFAÇÃO GERAL	194
FIGURA 55 – ÍNDICE DE FRUSTRAÇÃO, POR TAREFA.	195
FIGURA 56. ÍNDICE DE FRUSTRAÇÃO E DESEMPENHO.....	196
FIGURA 57 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA ETAPA 2 DO PROCESSO DE RESOLUÇÃO DA “TAREFA 1”	199
FIGURA 58 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA ETAPA 3 DO PROCESSO DE RESOLUÇÃO DA “TAREFA 1”	200
FIGURA 59 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA A “TAREFA 2”	201
FIGURA 60 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA A CONFEÇÃO DE ROTA, “TAREFA3”	203
FIGURA 61 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA A MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS, “TAREFA3”	204
FIGURA 62 - ÍNDICE DE BUSCA DE FERRAMENTAS – TODAS AS TAREFAS.	205
FIGURA 63 – EXPERIÊNCIA COM MAPAS E ÍNDICE DE BUSCA	206
FIGURA 64 - FREQUÊNCIA DO USO DE MAPAS DIGITAIS E BUSCA	207
FIGURA 65 - ÍNDICE DE BUSCA E EXPERIÊNCIA COM DISPOSITIVOS <i>TOUCHSCREEN</i>	207
FIGURA 66 - ÍNDICE DE BUSCA E DISPOSITIVOS UTILIZADOS	208
FIGURA 67 - OCORRÊNCIA DE CLIQUES	209
FIGURA 68 - CLASSES DE QUANTITATIVOS DE CLIQUES PRESSIONADOS	210
FIGURA 69 - CLIQUES PRESSIONADOS E ÍNDICES DE BUSCA	211
FIGURA 70 – NECESSIDADE DE RETORNO AO ESTADO INICIAL DO MAPA	213
FIGURA 71 – TESTES EM AMBIENTE EXTERNO.....	215
FIGURA 72 – SÍMBOLO PARA POSIÇÃO ATUAL DO USUÁRIO.....	218

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CORRESPONDÊNCIAS ENTRE POTENCIAIS PROBLEMAS EM IHC COM A QUAL LIDAM OS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE WALKTHROUGH COGNITIVO E DE COMUNICABILIDADE.....	102
QUADRO 2 - ESTRUTURA SITE	103
QUADRO 3 – MÉTRICAS DA ESTRUTURA SITE	103
QUADRO 4 – ESTRUTURA DA ANÁLISE USANDO O SITE	104
QUADRO 5 – PROPOSIÇÃO DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA	105
QUADRO 6 – HEURÍSTICAS PARA O PROJETO DE INTERFACES.....	108
QUADRO 7 – RESUMO DAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO POR TESTES COM USUÁRIOS.....	119
QUADRO 8 – RESUMO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO POR TESTES COM USUÁRIOS	119
QUADRO 9 – USUÁRIOS E SUAS CARCTERÍSTICAS	216
QUADRO 10 – SUGESTÕES MITIGADORAS	227

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E HIPÓTESE DE PESQUISA	18
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
2.2 ESTRUTURA DO TEXTO	23
3. PROJETO DE INTERFACES.....	24
3.1 Manipulação direta.....	28
3.2 DESIGN CENTRADO NO USUÁRIO	31
3.3 INTERFACES NATURAIS	34
3.4 DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	40
3.5 TECNOLOGIAS TOUCHSCREEN	44
3.6 ESTRATÉGIAS PARA A INTERAÇÃO POR TOQUE	49
3.6.1 Realimentação	50
3.6.2 Características do alvo	51
3.6.3 Aspectos ergonômicos	52
3.6.4 Interação Multitoque	54
3.6.4.1 Interação bimanual.....	58
3.6.5 Desafios para a interação multitoque.....	60
3.7 RESUMO	64
4. COGNIÇÃO, INTERATIVIDADE E MAPAS.....	65
4.1 PERCEÇÃO VISUAL	68
4.2 MAPAS, INTERATIVIDADE E VISUALIZAÇÃO.....	72
4.3 PESQUISAS EM COGNIÇÃO.....	78
4.3.1 Cognição e mappings.....	81
4.3.2 Contexto em mapas para dispositivos móveis	83
4.3.3 Pesquisa em ferramentas para navegação em interfaces	85
4.4 RESUMO	94
5. FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DE INTERFACES.....	95
5.1 ANÁLISE DE USABILIDADE	98
5.1.1 Inspeções	100
5.1.1.1 Walkthrough Cognitivo.....	100

5.1.1.2	Análise Heurística	102
5.1.1.3	Carga de Trabalho.....	108
5.1.2	<i>Testes com usuários</i>	111
5.1.2.1	Mensuração de desempenho	111
5.1.2.2	Observação	113
5.1.2.3	Entrevistas e questionários.....	113
5.1.3	Registro de dados	115
5.1.3.1	Think Aloud.....	116
5.2	AVALIAÇÃO IN SITU	120
5.3	AVALIAÇÕES DE INTERFACES: TRABALHOS EM CARTOGRAFIA.....	121
5.4	RESUMO	127
6.	METODOLOGIA	128
6.1	DEFINIÇÃO DE ASPECTOS DE INTERESSE	129
6.2	DEFINIÇÃO DE TAREFAS E FORMAS DE COLETA DE DADOS	132
6.2.1	<i>Materiais</i>	132
6.2.2	<i>Métodos</i>	134
6.2.2.1	Tarefa 1 gabinete: Calcular uma rota entre dois pontos	136
6.2.2.2	Tarefa 2 gabinete : Identificar a localização de feições	138
6.2.2.3	Tarefa 3 gabinete: Inserção de elementos vetoriais e cálculo de distância.....	139
6.2.2.4	Tarefa 1 campo: Utilizar o mapa para encontrar a rota entre dois pontos	140
6.2.2.5	Tarefa 2 campo: Utilizar o mapa como base para identificar distâncias e direções em relação a outros pontos.	140
6.2.2.6	Tarefa 3 campo: Utilizar o mapa para seguir uma rota pré-determinada	141
6.3	<i>Métodos de coleta de dados</i>	141
6.4	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	142
6.4.1	<i>Critérios para tarefas de posicionamento em gabinete</i>	143
6.4.2	<i>Critérios para Tarefas de posicionamento em campo</i>	153
6.5	PROPOSTAS MITIGADORAS	155
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	156
7.1	TESTES DE POSICIONAMENTO EM GABINETE.....	156
7.1.1	<i>Perfil da Amostra</i>	156
7.1.2	<i>Tarefa 1 – Considerações Gerais</i>	161
7.1.2	<i>Tarefa 2 – Considerações Gerais</i>	165
7.1.3	<i>Tarefa 3 – Considerações Gerais</i>	171
7.1.4	<i>Percepção de Carga de trabalho</i>	173

7.1.5 Posição Majoritária (POSMAJ)	178
7.1.6 Variação do Norte e Confusão posicional	183
7.1.7 Uso de Zoom, Pan e mudança de perspectiva.....	186
7.1.7.1 Ampliação e redução de escala	186
7.1.7.2 Deslocamento de ponto de vista	188
7.1.8 Interações Inúteis e Frustração	190
7.1.9 Métodos utilizados para resolução da tarefa	196
7.1.9.1 Tarefa 1.....	196
7.1.9.2 Tarefa 2.....	200
7.1.9.3 Tarefa 3.....	202
7.1.11 Interações do tipo clique	208
7.1.12 Tentativa de novas formas de Interação.....	211
7.1.13 Necessidade de Ferramenta HOME	212
7.2 TESTES DE POSICIONAMENTO EM CAMPO.....	214
7.2.1 Ferramenta de Pesquisa versus ponto central do mapa	217
7.2.2 Orientação espacial.....	219
7.2.3 Simbologia geral da interface	222
7.2.4 Medição de Distâncias	224
7.3 SUGESTÕES MITIGADORAS	225
7.3.1 Funcionalidades, gestual e retorno	226
7.3.2 Proposição de gestuais.....	230
7.3.2.1 Operação de deslocamento de ponto-de-vista	230
7.3.2.2 Operação de ampliação e redução de escala em um ponto fixo	230
7.3.2.3 Operação de ampliação e redução de escala em uma determinada região.....	231
7.3.2.4 Operação de retorno à visualização inicial	232
7.3.2.5 Operação de medição de distância entre pontos	232
7.3.2.6 Operação de desenho de feições.....	234
7.3.3 Comentários sobre gestual proposto	234
7.3.3.1 Zoom “Parafuso”	235
7.3.3.2 Zoom por retângulo.....	235
7.3.3.3 Retorno ao ponto de vista e escala iniciais.....	236
7.3.3.4 Medição de distâncias multitoque	236
7.3.3.5 Desenho de Feições	237
7.4 FINGER-FRIENDLY MAPPING	237
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	242
REFERÊNCIAS	249
APÊNDICE	268

1. INTRODUÇÃO

Há algumas décadas, a sociedade de uma maneira geral vive novos costumes. O processo de digitalização de tudo aquilo que usamos, tocamos e interagimos, desde objetos que apoiam as atividades econômicas e produtivas até itens considerados supérfluos, tornou-se imperativo, bastando como prova observarmos a organização das atividades cotidianas dos dias de hoje e de 20 anos atrás. Desde o ato de votar, até as relações sociais, passando pelo uso de artefatos em geral, a tecnologia atualmente ocupa um espaço ímpar na vida de todas as pessoas, e a consequência disto pode ser observada não só no cotidiano da humanidade, mas também no escopo das ciências como um todo.

Com a Cartografia esta premissa também é válida, isto porque de atividade técnica e analógica, esta se tornou ciência extremamente dependente e relacionada a novas tecnologias e procedimentos. Porém, dada a quantidade de literatura científica que passa a correlacionar os temas Cartografia e Informática, é importante citar que há uma relação de causa e causador que se funde nos dois campos. Um exemplo disso: a necessidade de se representar mais eficientemente a posição geográfica de navios em radares e sonares para combatentes, foi responsável pela criação do primeiro dispositivo apontador do tipo *mouse (trackball)* (AKASS, 2001).

Como a forma de produzir mapas mudou, mudaram também os paradigmas relacionados ao projeto cartográfico (SLUTER, 2008). O usuário passa a ter um papel muito mais relevante no processo de construção dos mapas, ao mesmo tempo em que o próprio mérito das representações do espaço pôde ser rediscutido nos últimos anos. Ao mensurarmos o crescimento dos sítios de temática relacionada a mapas, bem como a quantidade de produtos comerciais e livres existentes no mercado, pode-se afirmar que há uma presença notável dos mapas na sociedade atual. É necessário que se estude não só a prevalência da chamada conotação dos mapas (MACEACHREN, 1995), que define os mapas

como representações do mundo exatas e livres de erros, mas também as implicações do mesmo como um produto de uma sociedade que muda com o advento de novas tecnologias.

Para que os mapas das mídias atuais mantenham a conotação de verdade que sempre tiveram, é necessário considerar que o sucesso destas representações está atrelado a diversas características. Estes diferentes aspectos possuem uma ligação direta com o conceito de interface, que define o que o mapa tem a oferecer ao usuário em termos de funcionalidade e do que está sendo ali representado, bem como a interação entre este usuário, sua cognição espacial e o mapa em si. Aqui se entende que o mapa se torna a própria interface e que, portanto, apresenta implicitamente uma curva de aprendizado que relaciona suas características e o usuário. Segundo Harrower e Sheesley (2005), muitos dos problemas encontrados no uso de mapas em ambientes interativos possuem relação com a falta de associação entre aquilo que o sistema oferece e aquilo que o usuário espera dele, o que, segundo a literatura clássica em IHC (NORMAN, 1986; SHNEIDERMAN, 1998) também é válido para outros usos em interfaces computacionais.

Portanto, um usuário que se acostumou a um determinado tipo de interação para a navegação em imagens gráficas – especialmente parecidas em vários dos programas mais usados dentro do padrão Windows® - tende a ficar confuso, frustrado e pouco crente no potencial de uma aplicação para visualização de mapas que não ofereça o mesmo mecanismo de interação. Isto poderá levar o usuário a concluir que talvez o mapa não seja confiável, uma vez que ele não funciona de acordo com suas expectativas. A literatura em informática também demonstra que situações semelhantes também acontecerão, com outros usuários, de outros sistemas operacionais ou de outros tipos de aplicativos.

A partir do século XXI, surge a chamada *web 2.0* e o conceito de *gadget* e *widget*: programas (ou conjunto deles) ou dispositivos que possuem um projeto voltado para determinadas utilidades práticas e que adquirem status de objeto de consumo justamente pelo seu aspecto inovador e funcional. Neste contexto,

Gartner *et al.* (2007) definiram um campo de estudo específico para a análise da cartografia em mídias móveis, a chamada cartografia ubíqua. Neste campo de estudo, considera-se que o fato de usuários tornarem-se produtores da cartografia – um paradigma apontado como importante nos sistemas de mapas interativos e da interatividade em relação a interfaces em geral – é corriqueiro, também no momento em que este usuário-produtor está na própria região de interesse, produzindo e consumindo informação geográfica em tempo real.

Desta forma, caracterizar o usuário é útil e necessário ao projeto cartográfico, como forma de endereçar necessidades e preferências de acordo não só com o uso, mas também com a percepção particular de cada um, relacionado ao momento deste uso (PETCHENIK, 1989); assim como as características culturais, nível de conhecimento especialista e preferências particulares das pessoas que utilizam mapas (FAIRBARN *et al.*, 2001).

A produção de mapas cada vez mais se modifica pelos novos recursos tecnológicos, tornando-se um processo influenciado por uma gama de fatores não resumidos aos próprios aspectos tecnológicos, e muito além do lugar-comum da produção para dispositivos quaisquer. No contexto da Cartografia, quando se propõe uma abordagem para avaliar como se dá a interação entre usuários e mapas em diferentes mídias, usos e meios, assume-se que esta é uma tarefa objetiva, porém que analisa fatores subjetivos. Para que se compreenda como ocorre tal interação deve-se encontrar formas efetivas de se analisar as limitações e benefícios impostos pelas novas tecnologias e mídias às representações cartográficas. No campo da informática, existem estudos (PAYNE & GREEN, 1986; PREIM, 1999) que sugerem que o caminho para esta investigação está ligado a abordagens orientadas a tarefas, uma vez que mais de 60 por cento dos problemas nos processos de interação homem-máquina surgem pelo fato de que as interfaces não estão sendo projetadas de acordo com as tarefas que as pessoas precisam executar.

A interação é ato recíproco, mútuo, contínuo e ignorar as múltiplas relações que permeiam todo o contexto em que está inserida a construção de um artefato tão poderoso quanto um mapa é não entender a própria Cartografia. Por

consequência, isto pode tornar inúteis – ou subutilizar – os mapas. O projeto de mapas deve, então, considerar usos e usuários e, conseqüentemente, o contexto de uso, funcionalidades, usabilidade, preferências e custo-benefício relacionados. Diversos autores apontam decisões específicas do projeto cartográfico como definidoras para a eficácia de mapas, especialmente no que concerne a mapas interativos na web (de MENDONÇA, 2009; NIVALA, 2007), sistemas multimídia e mapas em formato digital (MAZIERO, 2007; FALAT, 2007; SEIXAS, 2004; MILLER, 2007), sistemas de navegação e mapeamento em dispositivos móveis (CARTWRIGHT, 2008; PUGLIESI, 2007).

Além da contextualização do uso e do usuário dos mapas, o projeto de mapas interativos e de mapas para dispositivos móveis apresenta particularidades ainda mais específicas do que o projeto cartográfico aplicado aos mapas impressos ou o projeto de interfaces gráficas em geral (CARTWRIGHT *et al.*, 2001). É importante notar que as soluções cartográficas em dispositivos móveis têm sido comercializadas ou sob a ótica de tarefas específicas – especialmente em aplicações de sistemas de roteamento e navegação – ou sob o contexto da adaptação de produtos existentes, usualmente projetados para outras mídias. Entretanto, as infinitas possibilidades para contextos de uso e usuários fazem com que este tipo de solução ainda careça de investigação científica, tanto no que diz respeito à interface-mapa quanto à interface computacional. Assim, existem particularidades no projeto cartográfico que devem ser encaradas diferentemente devido às características das telas, bem como dos periféricos de entrada e formas de interação entre usuário e os programas destes aparelhos.

Dentre estas formas de interação, a ciência da Interação, campo interdisciplinar que estuda a ergonomia e os aspectos cognitivos em relação ao projeto de artefatos e interfaces, preconiza a existência de diversas formas de manipulação. Dentre elas, a chamada manipulação direta (SHNEIDERMAN, 1983) é definida como estratégia de interação em que um usuário se utiliza de um mecanismo que lhe permite manipular ou selecionar algo por meio da representação dos objetos do domínio da aplicação na tela e de um dispositivo

apontador, que permite seu manuseio, dando a sensação de estar manipulando o próprio objeto.

Segundo Frohlich (1997), a manipulação direta (HUTCHINS et al. 1985) trata-se de uma filosofia de projeto de interfaces que é majoritariamente usada no desenvolvimento de programas computacionais desde a década de 1980. Shneiderman (1983) afirma que o principal objetivo deste tipo de manipulação é criar ambientes nos quais os usuários compreendam a tela, sintam-se no controle, saibam o que esperar do sistema e sintam-se responsáveis pelas suas próprias ações. Este método é considerado um passo à frente em relação à interação por meio de linguagens de programação, pouco amigável em relação aos usos e usuários.

Neste tipo de abordagem encontram-se inseridas desde as ditas interfaces gráficas (WIMP) até interfaces com interação por meio da voz ou de dispositivos táteis. Porém, dado o elevado grau de objetividade e clareza que pode ser alcançado na interação com uma tela, popularizou o uso de telas sensíveis ao toque. Segundo Albinsson e Zhai (2003), estes dispositivos proporcionam a forma mais direta de interação homem-computador, uma vez que a tela de saída e de entrada de informações, o controle e o retorno¹, a ação das mãos e o olhar, estão em uma única superfície, o que torna o uso deste tipo de tela intuitivo ao usuário.

1.1 Problematização e Hipótese de pesquisa

Existem diretrizes para a construção de interfaces utilizando-se a abordagem da manipulação direta, oriundas da IHC (Interação Humano Computador) originadas na década de 1980 (SHNEIDERMAN, 1983). A tecnologia de interfaces multitoque existe desde a mesma década, enquanto que

1 *Feedback*

dispositivos *touchscreen*, definidos como dispositivos equipados com telas sensíveis ao toque, são usados desde a década de 70 (BUXTON, 2009). Porém apenas mais recentemente se deu a popularização da investigação para os princípios aplicados a interfaces em telas sensíveis ao multitoque. Moscovitch (2007) sintetiza a ideia de que interfaces com este tipo de interação tendem a ser mais efetivas, de uma forma geral pelo fato de que estas permitem um maior paralelismo (mais interações feitas ao mesmo tempo), o que reduz a necessidade de uma interface complexa, e leva a um desempenho significativamente maior, uma vez que podem ser executadas sub-tarefas concomitantemente a uma tarefa principal. Estas sub-tarefas tendem a ser executadas linearmente em outros tipos de interfaces. Assim, enquanto a mente humana pode controlar vários fluxos de informação e os programas computacionais possuem capacidade de processar tal multiplicidade, a interação entre usuário e máquina continua realizada por meio de dispositivos de entrada que simplificam as ações em um único ponto por vez.

Diversos autores (BUXTON e MYERS, 1986; LEGANCHUK *et al.*, 1998; MOSCOVITCH, 2007) argumentam ainda que existem benefícios cognitivos no paralelismo: quando se trabalha sequencialmente em determinadas tarefas como no desenho de um retângulo envolvente, por exemplo, a representação mental é do retângulo em si e não do seu ponto inicial e, em seguida, do ponto final. Quando existe a possibilidade de aproximar o ato de se desenhar um retângulo em uma interface ao processo executado mentalmente, alcançando um nível natural (fluência) de agrupamento em blocos², provavelmente existe uma melhora na eficiência deste processo. Assim, esta aproximação deve ser uma tendência quando se considera a construção de interfaces nos próximos anos.

Portanto, é de se esperar que este tipo de ambiente de interface e de interação também seja uma tendência para a visualização e manipulação de

2 Tradução do autor para “chunking”, processo este que advém da capacidade cognitiva de agrupar informações em blocos, de forma a guardá-las e recuperá-las mais facilmente.

dados espaciais, por modificar o paradigma atual da interação entre as pessoas e as representações do mundo que as cerca. É importante salientar que esta interação usuário mapa já acontece, uma vez que todos os principais dispositivos *tablets* líderes de mercado possuem instalados, originalmente, aplicativos para visualização de mapas que se utilizam das possibilidades das tecnologias empregadas neste tipo de artefato para o processo de interação com o usuário. Como sugere Cartwright (2008), parece necessário que a academia se torne parte das discussões que envolvem a recente popularização dos mapas de forma a garantir que o desenvolvimento destas tecnologias possa estar mais atrelado ao conhecimento científico baseado nas necessidades e premissas dos usuários do que a interesses comerciais.

Partindo do entendimento de que o projeto para mapas interativos vem sendo discutido pela comunidade cartográfica internacional já há alguns anos, procura-se aqui expandir a discussão sobre princípios de projeto cartográfico para mapas interativos aplicados a dispositivos móveis com grau elevado de manipulação direta, ou seja, com interação realizada por meio de telas sensíveis ao multitoque. O pressuposto básico aplicado nesta pesquisa é que a interação por meio do toque direto à tela, especificamente por meio da utilização dos dedos, modifica a interação básica entre usuário e a representação cartográfica.

A partir deste pressuposto, propõe-se como hipótese geral desta pesquisa que, considerando que as tecnologias em telas sensíveis ao toque estão em franca popularização, é possível conhecer: a) Quem são estes usuários, e o que julgam ser natural e desejável ao interagir com mapas nestes dispositivos; b) a forma como usuários tendem a interagir com representações cartográficas nestas mídias, especificamente com os aplicativos disponíveis no mercado, atualmente; e c) Como se dá, segundo critérios preestabelecidos, o uso destes aplicativos em situações básicas do uso de mapas.

Considerando-se a realização de testes funcionais com usuários em dispositivos com telas sensíveis ao multitoque, o conhecimento dos itens recém-citados permitirá mensurar a eficiência e efetividade destas interfaces e propor, por meio da análise do uso, diretrizes, boas práticas e novas possibilidades de

interação. Estas devem ser aplicáveis para a construção de interfaces cartográficas para contextos e tarefas específicos.

Assim, o arcabouço proposto nesta tese busca, a partir da abordagem funcional (BOARD, 1978), contribuir para a avaliação de interfaces cartográficas aqui apresentadas, por meio da análise do processo interativo em si. Esta abordagem é definida pela construção de mapas com objetivos específicos e claros e, no presente trabalho está intimamente ligada à comparação entre os aspectos da interação que tornam uma interface mais aceita e usável pelos seus usuários em relação à outra. Neste trabalho algumas considerações acerca das estratégias cognitivas (MacEACHREN, 1995) aplicadas pelos usuários para a interação serão também mescladas à análise funcional, como forma de embasar e explicar proposições de novas formas de interação em mapas disponibilizados para telas sensíveis ao toque.

2. OBJETIVOS

A partir de testes com usuários, identificar aspectos problemáticos de interação em interfaces cartográficas interativas em telas do tipo sensível ao multitoque, da geração atual de dispositivos móveis comerciais, e propor soluções.

2.1 *Objetivos Específicos*

- a. Efetuar testes de usabilidade com usuários em diferentes dispositivos multitoque e analisar a interação dos mesmos durante a execução de tarefas que se utilizam de funcionalidades básicas de navegação nestes dispositivos;
- b. Identificar as estratégias cognitivas para interação dos usuários com os dispositivos nas tarefas propostas;
- c. Investigar possíveis relações entre as características dos usuários participantes da amostra da pesquisa e as particularidades de cada tarefa proposta, com o desempenho em tais tarefas;
- d. Avaliar a influência dos elementos da interface-mapa, interface computacional e contexto de uso na efetividade da interação;
- e. Sugerir e avaliar novos gestuais de interação com a interface, de maneira que sejam discutidas possíveis soluções para questões observadas nos testes;
- f. Propor diretrizes de projeto, bem como funcionalidades de interface que mitiguem problemas encontrados na interação.

2.2 Estrutura do texto

A presente tese de doutorado está estruturada em oito capítulos, sendo os dois primeiros relativos à introdução, apresentação do problema, justificativa e objetivos. Os capítulos três, quatro e cinco, tratam da revisão de literatura dos três aspectos considerados básicos para a realização desta pesquisa: o projeto de interfaces, com foco nas interações em telas sensíveis ao multitoque; os aspectos cognitivos e a interação em mapas, em conjunto com um panorama de pesquisas na área; e, por fim, os métodos para avaliações de interfaces, com enfoque especial nos métodos para avaliação de usabilidade. No capítulo 6 são apresentados a metodologia empregada e os materiais utilizados na pesquisa. No capítulo 7 encontram-se os resultados das análises efetuadas, divididos conforme a ordem apresentada no capítulo anterior. No capítulo 8 foram sumarizadas as contribuições da pesquisa, conclusões gerais e específicas além de perspectivas de trabalhos futuros. Completam o trabalho as referências utilizadas.

3. PROJETO DE INTERFACES

Ao mesmo tempo em que surgem novos artefatos, plataformas, indústrias, infraestruturas e aplicativos, ocorre um processo de difusão da tecnologia. Isto porque cada vez mais pessoas interagem com sistemas computacionais, o que inclui as mais variadas classes sociais e modifica a forma como o mundo trabalha, se diverte e interage entre si. Neste contexto, outras ciências já detectaram ser importante que haja uma abordagem interdisciplinar (Spinuzzi, 2003) que considere mais profundamente a forma como as pessoas estão inseridas neste processo. No caso dos mapas, as novas tecnologias possuem papel preponderante na forma como estes artefatos se tornam cada vez mais populares e presentes do dia a dia das pessoas (Cartwright, 2008; de Mendonça, 2009). Além da preocupação com os conhecimentos técnicos intrínsecos à Geomática, pressupõe-se aqui a necessidade de inserir-se no estudo da Cartografia moderna o conhecimento relativo à maneira como se dá a interação entre as pessoas e os mapas, nos dias atuais, o que se faz por meio do estudo de interfaces cartográficas.

As interfaces constituem o elo que permite que as pessoas usem artefatos. De uma forma simples, pode-se dizer que a interface é a parte de um sistema que uma pessoa pode observar tocar e sentir. Atualmente o termo é utilizado com relação a programas de computador, mas esta definição é relativa, uma vez que a humanidade interage com todo tipo de artefatos e produtos, muitas vezes sem possuir qualquer tipo de sistema computacional propriamente dito embutido em sua estrutura. No caso de mapas, quando estes estão incluídos em um sistema, como no caso de um dispositivo móvel, ou quando são armazenados em um computador pessoal ou na internet, e é possível interagir-se com estes, diz-se que o mapa é parte da interface do aplicativo. Além do próprio mapa, comumente chamado de interface-mapa, existe uma interface computacional, que é parte do processo de interação, sendo o mais comum que esta proporcione ferramentas para que o usuário possa navegar e consultar as informações

contidas na base de dados geográficos e na representação cartográfica a ela associada (MILLER, 2007).

A área do conhecimento que estuda as interfaces é chamada de IHC – Interação Humano Computador. Lauesen (2005) cita que, quando se usa um sistema computacional, o usuário fornece comandos a este. No caso de computadores pessoais, isto se dá por meio de periféricos de entrada como um mouse ou um teclado. O computador então responde a estes comandos, mostrando algo em uma tela, por meio de sons, ou por meio de outras respostas ao estímulo por sensores. Outras vezes, a situação passa a ser a inversa e o computador dá instruções ao usuário, que deve respondê-las com algum tipo de ação. Em ambos os casos há o que se chama de interação humano-computador e este sistema é chamado de sistema interativo. O meio onde se dá esta interação é chamado de interface ao usuário.

Segundo Carroll (2003), o projeto de interfaces sob a visão da IHC está necessariamente ligado a uma perspectiva humanista. O projetista deve estudar como as pessoas usam as tecnologias e como elas agem e se comunicam, de forma a construir um mecanismo que seja adequado para seus usuários e sua específica situação de uso. Assim, as decisões para este tipo de projeto incluem a escolha de formas de entrada, resposta, funções e apresentação gráfica destas, ajustada às necessidades do usuário e ao ambiente e situação de uso.

Wigdor e Wixon (2011) afirmam que a evolução das interfaces computacionais deu-se de forma descontínua, mas pode-se pensar que o grande salto deu-se com a evolução das interfaces baseadas em linhas de comando para interfaces gráficas (chamadas de GUI, sigla em inglês para Interface Gráfica ao Usuário). Os computadores pessoais popularizaram-se a partir da metáfora da mesa de trabalho (*desktop*), onde existem janelas que se sobrepõem (como papéis em uma mesa de trabalho), e possuem um conjunto de elementos conhecidos na interface, em geral janelas, ícones, menus e ponteiros, cujas iniciais formam a sigla em inglês WIMP.

As interfaces gráficas são consideradas efetivas muito em parte pelo desenvolvimento da teoria que guia o projeto dos seus aspectos visuais. A forma

mais comum de GUI se dá por meio da aplicação de princípios advindos da psicologia da percepção visual e dos aspectos cognitivos humanos. Preece *et al.* (1994) lista três aspectos que estão intimamente ligados aos dogmas relacionados aos aspectos visuais de interfaces:

- Os aspectos físicos da percepção (como nas combinações de cores, nível de brilho);
- O modo como a informação é mostrada em tela (por exemplo o tamanho de elementos textuais, o tipo de ícones ou a estrutura de menus);
- O uso da informação.

Preece *et al.* (1994) afirmam que, para cada aspecto relacionado aos elementos visuais de uma interface, existem estudos correlacionados no campo da psicologia experimental. O autor cita o exemplo do uso de contraste. Esta variável ajuda a distinguir um objeto do restante da informação e esta conclusão advém do estudo de uma abordagem construtivista, onde se acredita que aquilo que vemos não é uma réplica do nosso ambiente, mas sim um modelo criado em nosso sistema visual. Dentro da abordagem construtivista, relacionada ao chamado design cognitivo, demonstra-se que usuários de interfaces criam modelos conceituais para lidar com mecanismos complexos, que podem ser relacionados com princípios básicos de projeto. Ainda segundo os mesmos autores, dentro de uma abordagem oposta ao construtivismo, chamada de abordagem ecológica, a percepção visual seria um processo de natureza direta, onde a informação é simplesmente detectada pelos órgãos sensoriais. Esta abordagem é diretamente influenciada pelos aspectos relativos ao nicho de uso e a culturalidade que, como será visto adiante, são aspectos relevantes no atual estágio da pesquisa em interação.

Os princípios de projeto clássicos no campo do *design* são as *affordances*, restrições, o *mapping*, a visibilidade, e o *retorno*. Utilizando-se, por exemplo, a abordagem cognitiva para um projeto de interfaces, o projeto realizado procuraria simplificar a criação destes modelos e, como resultado, simplificaria também o uso das aplicações a qual o projeto se destina (PREECE *et al.* 1994).

Para Norman (1986), as chamadas “*affordances*” seriam relacionamentos de objetos com suas propriedades, de forma a sugerir seu uso somente por meio do seu design. Todo objeto possui certas características que limitam o conjunto de operações possíveis. Norman (2000) adaptou a ideia original proposta por Gibson (1977) para a interação entre humanos e máquinas, de forma que o conceito seja dependente não somente das capacidades físicas dos atores da interação, mas também dos seus objetivos, planos, valores, crenças e experiências. O exemplo dado pelo autor é o de uma cadeira. Uma cadeira possui intrinsecamente atrelada ao seu design uma característica que sugere o seu uso: ao ver uma cadeira, as pessoas logo pensam em sentar nela.

O termo *affordance* vem do verbo “*to afford*”, que significa “proporcionar; dar condições a; dispor”. Porém, na acepção de Norman (2000), o significado do verso está mais próximo de “sugerir”. Enquanto as *affordances* apoiam as ações, as restrições restringem o comportamento permitido. Utilizando o mesmo exemplo da cadeira, é possível afirmar que o design desta restringe o seu uso possível.

Os *Mappings*, ou associações, como cita Norman (2000), podem ser definidos como “o primeiro passo para fazer com que objetos tornem-se imediatamente compreensíveis”. Este princípio prevê que haja uma direta associação entre dois elementos, por meio da construção mental do usuário. Quanto mais natural for este processo, maior a compreensão imediata do processo, por meio das vantagens oferecidas pela exploração das analogias físicas e dos padrões culturais. Na IHC, este processo está relacionado com controles de entrada e dispositivos de saída e a aplicação prática do conceito é fazer com que estes controles possam ser usados com o mínimo de instruções de uso.

Acerca da visibilidade, Norman (2000) afirma que é necessário fazer com que as partes relevantes fiquem visíveis, para apoiar o usuário no seu processo de construção de um modelo conceitual apropriado. Assim, usuários novatos no uso de qualquer artefato querem ver quais ações são possíveis e como elas podem ser realizadas. A consequência deste princípio é a necessidade de *realimentação*, ou seja, a emissão de sinais a partir do artefato, em resposta a

uma ação ou conjunto de ações do usuário. Estes usuários esperam um efeito imediato e óbvio para qualquer ação que executem.

3.1 Manipulação direta

A evolução na forma de se projetar interfaces também está intrinsecamente atrelada ao conceito de “manipulação direta” (SCHNEIDERMAN, 1983), que é uma filosofia de projeto de interfaces cujo pressuposto é que o usuário manipule ou selecione objetos de forma direta. Segundo Hutchins *et al.* (1985), um sistema cuja interface utilize-se desta filosofia elimina a necessidade do usuário saber acerca de linhas de programação ou acerca do funcionamento de sub-rotinas estatísticas. Não existem operações escondidas, sintaxes ou comandos para aprender, de forma que se obtém aquilo que se vê, com o benefício de ainda eliminarem-se erros de sintaxe.

Hutchins *et al.* (1985) afirmam que as interfaces construídas a partir do conceito de manipulação direta são pensadas de forma a reduzir o espaço entre o “golfo da avaliação”, momento onde o usuário deve interpretar o que vê na tela, e o “golfo da execução”, que está relacionado ao momento onde o usuário deve determinar como agir no sistema. Assim, o usuário em tese pode entender mais facilmente o estado do sistema revelado na tela e mais facilmente decidir como agir no sistema de maneira que possa alcançar o resultado desejado.

De forma resumida, Rauterberg e Steiger (1996) categorizam as principais técnicas de interação em IHC até o surgimento da interação por manipulação direta: linhas de comando, seleções por menu e a própria manipulação direta. Os autores apresentam um sumário das principais características de cada técnica:

- Linhas de comando: estilo de interação que inclui códigos de ação e *softkeys* (teclas com funções específicas). Seus pontos positivos são o fato de que o usuário tem o acesso direto máximo que se pode ter a todas as funções e operações disponíveis no sistema; seus pontos negativos

dizem respeito principalmente à ausência de comentários (*retorno*) permanentes;

- Seleção por menu: esta categoria inclui estruturas rígidas de menus do tipo “*pop-up*”, “*pull-down*”, formulários “*fill-in*” e afins. Este estilo tornou-se possível tecnicamente graças aos terminais que podiam essencialmente reproduzir apenas conjuntos de caracteres do tipo ASCII. As teclas de função são frequentemente usadas como forma adicional de gerenciar o diálogo. Seus pontos positivos incluem o fato de que todas as funções disponíveis estão representadas por pontos de interação visíveis. Como ponto negativo os autores destacam que é bastante incômodo achar um determinado ponto de uma função em uma estrutura de menu mais profunda.
- Manipulação direta: este tipo de estilo de interação só foi propagado quando dispositivos gráficos surgiram no mercado. A ideia é que a metáfora da mesa do escritório poderia tornar a interface mais próxima da realidade dos usuários. Entre os pontos positivos desta abordagem destaca-se o fato de que todas as funções são representadas de forma contínua por pontos de interação visíveis. A ativação das funções desejadas pode ser feita pelo “apontamento” para as suas representações visíveis em tela. O ponto negativo desta interação é que as interfaces construídas possuem dificuldade em manipular variáveis ou mesmo distinguir a representação de um elemento individual de uma que seja relacionada a um conjunto ou classe de elementos.

Kieras *et al* (2001) afirmam que a interação por meio de manipulação direta contrasta com a interação por meio da entrada de dados através de comandos sintaticamente estruturados e que, apesar desta parecer uma evolução clara, a análise sob a luz da psicologia cognitiva pode ser um tanto quanto nebulosa no que concerne a esta pretensa obviedade, uma vez que a técnica mais efetiva depende de vários fatores, como o tipo de tarefa executada e a experiência do usuário.

Assim, a comparação entre diferentes formas de interação humano-computador deve prever a modelagem dos processos de resolução de tarefas utilizando-se modelos que isolem a influência de fatores externos à interface, como as estratégias para a resolução do problema, de maneira que se possam identificar as semelhanças e diferenças entre os aspectos cognitivos, perceptivos e motores de cada etapa envolvida no processo de interação. Pode-se afirmar, portanto, que uma interface de tela sensível ao toque possui um “golfo de execução” mais estreito quando comparada a uma interface que usa linha de comando para a resolução de um mesmo problema. Esta vantagem é consequência de um processamento mais simples para respostas a uma seleção, além de mais oportunidades de se sobrepor o processamento perceptivo e o motor do usuário. Porém, em vários aspectos, esta vantagem é pouco significativa. Assim, o estilo da interação, apesar de influente, não é o fator mais crítico no projeto de interfaces, mas sim o completo entendimento dos detalhes envolvidos no problema que deve ser resolvido por um usuário por meio desta (KIERAS et. al, 2001).

Grudin (1990) aponta que a primeira empresa a compreender que o investimento no projeto de interfaces podia alavancar a venda de programas computacionais foi a *Apple*, com seu computador pessoal, o *Macintosh*, no início da década de 80. De acordo com o mesmo autor, antes disso as interfaces eram localizadas no próprio equipamento físico (*hardware*). Com o desenvolvimento de linguagens de programação de alto-nível, a interação não mais necessitava do conhecimento acerca do *hardware*. Após esta fase, o aparecimento de sistemas interativos voltados para usuários finais não-especialistas consagrou a utilização de telas (*display*) e teclados, mecanismos anteriormente existentes agora adaptados a sistemas computacionais graças a estudos acerca da percepção humana e capacidade motora. A interface poderia ser materializada por meio da entrada de comandos em um terminal.

Depois desta fase, ainda segundo Grudin (1990), o foco nas pesquisas para interfaces deu-se na capacidade de conversação dos diálogos entre usuários e sistemas, o que envolve aspectos cognitivos acerca de aprendizado e do uso

dos aplicativos. Nesta etapa, há o advento de componentes gráficos e de dispositivos apontadores. Chega-se então à fase do advento de sistemas computacionais para organizações, onde o componente social e humano é o componente de maior importância. Nesta fase de evolução, a pesquisa em interfaces passa a ser centrada nos usuários e seus papéis, habilidades, “bagagem” e preferências, sendo que fatores sociais, motivacionais, políticos e econômicos passam a ocupar um papel importante no entendimento deste processo de interação.

3.2 Design centrado no usuário

Existem evidências que apontam que entre 70 a 80% dos fracassos envolvidos no desenvolvimento e lançamento de novos produtos no mercado não ocorrem devido à fatores tecnológicos, mas sim pela ausência de entendimento acerca das necessidades do usuário (HIPPEL, 2007). O *design* centrado no usuário (UCD, sigla em inglês) surgiu na década de 1980 como uma técnica para adequar o projeto de interfaces ao conhecimento científico acerca da cognição humana. Norman e Draper (1986), na obra percussora do tema, discutem a abordagem sob vários aspectos tendo como ponto em comum “*conhecer quais são os objetivos e necessidades dos usuários, quais ferramentas eles precisam, qual tipo de tarefas eles desejam efetuar e quais os métodos que eles preferem usar*”. Segundo estes autores, parece mais adequado começar o trabalho de projetar uma interface dando ênfase não à tecnologia, mas sim às pessoas que utilizar-se-ão desta tecnologia.

Norman (2000), afirma que a criação de uma ciência para o estudo das interfaces baseada no usuário podia ser justificada pelos conhecimentos específicos necessários para o projeto de uma interface: primeiramente o conhecimento do design, da programação e da tecnologia; depois o conhecimento acerca das pessoas, dos princípios da computação mental, comunicação e

interação; e por último, o conhecimento específico acerca da tarefa que deve ser cumprida utilizando esta interface. Com o passar dos anos surgiram diversas abordagens que envolvem vários aspectos destes processos.

Assim, esta abordagem de projeto de interfaces e desenvolvimento envolve predominantemente os aspectos relativos aos usuários no processo de desenvolvimento e design. Segundo Stone *et al.* (2005), o UCD não se concentra somente na compreensão acerca dos usuários de um sistema computacional em desenvolvimento, mas também requer um entendimento das tarefas que os usuários irão executar com o sistema e o ambiente (organizacional, social e físico) na qual o sistema será usado. O conceito de UCD proporcionou o surgimento da engenharia de usabilidade (NIELSEN, 1993), cuja definição está relacionada à efetividade, eficiência e satisfação de usuários específicos em contextos de uso específicos, para um determinado produto. A usabilidade ainda é utilizada em ampla escala para avaliação de interfaces de diferentes tipos, o que será discutido no capítulo IV desta tese.

O conceito de projeto de design centrado no usuário passou a ser utilizado na área de IHC e é definido atualmente pelo documento ISO (Organização internacional para padronizações) 9241 – parte 210, intitulado “Design centrado no usuário para sistemas interativos”, que data de 2010. O documento atual substitui a ISO 13407, que estava em vigor desde 1999. Os princípios básicos para esta abordagem podem ser sumarizados abaixo:

- O envolvimento ativo de usuários e o claro entendimento do usuário e dos requisitos da tarefa;
- Uma apropriada alocação de função entre usuário e sistema;
- A iteração em soluções de design;
- Equipes multidisciplinares responsáveis pelos projetos.

Estes princípios podem ser aplicados por meio de atividades como a análise e entendimento do contexto de uso, a especificação de requisitos, em nível organizacional e individual, a produção de soluções na forma de protótipos e a avaliação destas soluções, em relação aos requisitos e exigências anteriormente levantados. Os benefícios de sistemas que se utilizam da técnica

UCD são uma produtividade crescente, minimização de erros, menor necessidade de suporte a usuários e uma aceitabilidade, em geral, melhorada. Isto porque o envolvimento dos usuários no processo inteiro tende a facilitar a mensuração da usabilidade do sistema bem como proporciona um maior comprometimento com a interface em si (MAGUIRE, 2001).

Com a estabilização da IHC enquanto campo de pesquisa científica alguns autores como Bannon (1991) e LAMB & KLING (2003) defendem a mudança em relação à utilização da palavra usuário. Jordan (2002) explica que o problema das abordagens relacionadas à usabilidade é que elas encorajam uma visão limitada da(s) pessoa(s) usando o produto. Isto é – por implicação, se não por intenção – desumanização. Steen (2008) argumenta que a mudança do termo “usuário” para “humano”, procura desassociar a abordagem de projeto do confinamento de uma pessoa a um papel específico de mero “usador”, procurando enfatizar a maneira como a pessoa vivencia o produto ou serviço e a utilidade associada a este. Assim, é bastante comum na literatura da área a utilização da terminologia “design centrado no humano” (*Human-centered design*, ou HCD).

Entretanto, apesar das óbvias vantagens, a abordagem UCD/HCD também possui algumas fragilidades. Steen (2008) aponta que um sinal destas fragilidades é que existem diferentes abordagens dentro do design centrado no usuário e estas podem ser entendidas como diferentes tentativas de preencher o espaço que há entre os projetistas e os usuários, bem como diferentes tentativas de combinar as preocupações com a compreensão de uma situação atual e a preocupação em vislumbrar futuras situações. O mesmo autor explica que a razão de considerar projetos que se utilizem de técnicas de UCD provavelmente fadados ao fracasso é o fato de que as pessoas tendem a realizar movimentos para si mesmos, além de atuar usualmente com vistas a um fechamento (no sentido de que se deve procurar sempre o término, a conclusão da atividade). Ou seja: dominar o outro, incluindo sua equipe e companheiros de atividades, de forma a arriscar-se a não aprender nada novo; e programar seu projeto segundo

um cronograma de fechamento, correndo-se o risco de também não se criar nada novo.

3.3 Interfaces Naturais

A palavra-chave no atual estágio de pesquisa acerca das interfaces é a Interação. Se por um lado a interação refere-se ao conjunto de comandos dados a um usuário para que este manipule uma interface e ao relacionamento entre este usuário e esta interface, por outro, ela pode se referir a uma relação em um nível mais complexo: a interação entre o usuário e o espaço do problema a ser resolvido (PIKE et. al. 2009). Faz-se necessário perceber que tal interação parece ser um processo cognitivo que existe independentemente de ferramentas computacionais, ou seja, que ocorre em outros espaços e meios, inclusive internamente na mente do usuário.

Talvez a abordagem mais citada no campo da IHC para a modelagem da interação seja a proposta por Norman, em 1988: o chamado ciclo de ações humanas (NORMAN, 2000³), que se constitui em um modelo para a interação entre as pessoas e o mundo físico em sua volta. Este modelo cobre os processos cognitivos envolvidos na interação de uma pessoa com o mundo apresentando os passos que as pessoas executam quanto interagem de forma a alcançar um determinado objetivo. Stone *et al.* (2005) apresentam uma versão do ciclo de ações humanas de Norman adaptada aos processos interativos entre pessoas e interfaces computacionais (FIGURA 1).

A análise deste ciclo permite a conclusão de que sua duração é variável, podendo ir de segundos a horas. Stone et. al. (2005) explica que o primeiro passo neste modelo é uma atividade cognitiva do usuário, que deve estar apto a formular objetivos apropriados para que use a interface de forma efetiva. Após

3 Inicialmente proposto em 1985, na primeira edição do mesmo livro.

isto existe um estágio de execução (que abrange os passos 2, 3 e 4) em que os usuários realizam tanto atividades cognitivas – transformar os objetivos em tarefas e planejar as sequências de ações - quanto físicas, que inclui a execução destas sequências de ações. Este estágio permite uma flexibilidade de acordo com o conhecimento do usuário, uma vez que podem existir maneiras diferentes de se executar uma sequência de tarefas que irá permitir ao usuário chegar ao seu objetivo inicial. No próximo estágio, o de avaliação (abrangendo os passos 5, 6 e 7), ocorrem atividades cognitivas, onde o usuário observa o resultado de suas ações com o que se esperava ao formular o objetivo.

De forma similar ao ciclo de Norman (2000), Rauterberg e Szabo (1995) definem um modelo linear onde as etapas estão relacionadas a quatro conceitos fundamentais, concernentes ao processo de interação entre um usuário e uma interface computacional: 1) a dimensão do modelo de mundo interno do usuário; 2) o efeito da apresentação na interface; 3) o mecanismo de percepção; 4) a conceitualização das dimensões do mundo no modelo do usuário.

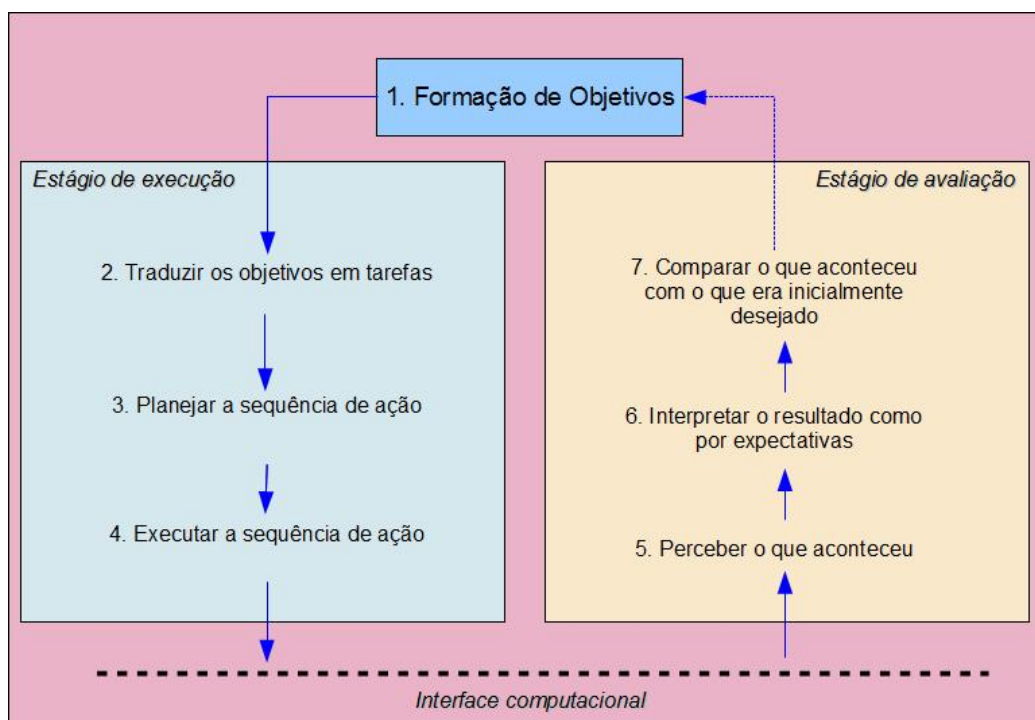


FIGURA 1 – CICLO DE AÇÕES HUMANAS
 FONTE: TRADUZIDO DE STONE *ET AL.* (2005)

Pike *et al.* (2009) utiliza o termo “ciência da interação” para descrever o estudo dos métodos pelos quais seres humanos criam conhecimento por meio da manipulação de uma interface. Surgida a partir da evolução do conhecimento acerca dos modelos perceptivos, cognitivos e motores que são comuns às pessoas, esta ciência procura desenvolver e testar teorias sobre os meios mais efetivos para se realizar um processo interativo, tendo como base estudos sobre cultura, comunicação, psicologia, semiótica e sociologia. A ideia por trás deste embasamento é que aprender sobre as pessoas e sobre suas formas de apropriação tende a trazer benefícios na maneira como se constroem artefatos, de forma a proporcionar ao usuário uma ligação natural com os seus dados (ou com operações analíticas que tragam *insights* acerca desses dados) e não com uma tecnologia ou dispositivo. A interação com a informação deve estar disponível além de plataformas, locais, contextos e configurações.

Um exemplo dos novos paradigmas envolvidos nos estudos para um projeto de interfaces diz respeito às questões culturais. Bailey *et al.* (2001) consideram que o desenvolvimento de sistemas computacionais interativos tem muito a ganhar com a consideração de questões acerca dos aspectos culturais. Os autores definem a cultura como um sistema de significados compartilhados, que formam um *framework* para a solução de problemas e estabelecem um padrão comportamental no dia-a-dia das sociedades. Uma vez que o conhecimento cultural é frequentemente implícito, projetistas parecem ter dificuldades em incorporar às suas interfaces as dependências culturais intrínseca e implicitamente associadas a estas. Assim, autores como Anacleto *et. al.* (2006) acreditam que a evolução dos sistemas computacionais está atrelada ao desenvolvimento de interfaces capazes de se utilizarem de algum tipo de conhecimento baseado no senso comum humano, uma vez que a comunicação natural entre as pessoas se dá baseada nas suas crenças, atitudes e valores. A ideia é que o design modifica a cultura ao mesmo tempo em que é delineado por ela (RÖSE, 2004). Esta relação, por si só, é um exemplo completo acerca do que é a interação, sob um ponto de vista macro.

Outro exemplo de área de pesquisa em ciência da interação diz respeito ao contexto da interação. Albers (2009) argumenta sobre a importância, dentro do design de interações, de se considerar que o usuário deve ser ajudado na identificação de elementos importantes da situação e entre os elementos. O fato deste possuir uma consciência contextual acerca da situação faz com que haja uma evolução: da simples percepção de dados puros para uma compreensão maior, que permite fazer previsões para o desenrolar da situação em questão. Uma fraca consciência do contexto faz com que as pessoas possam saber que há algo ocorrendo ou que determinada informação existe, mas elas não conseguem achar facilmente aquilo que é relevante no processo, ou mesmo possuindo a informação, não conseguem entender como esta se relaciona com o todo. O autor ainda cita que, o contexto por si só não garante que uma pessoa irá formar a intenção apropriada ou que tome as decisões mais adequadas; mesmo que a pessoa tenha a informação adequada e entenda a situação ainda assim poderá realizar escolhas incorretas.

Rauterberg e Steiger (1996) procuram defender a tese de que o entendimento do comportamento humano no seu ambiente natural – o mundo real – é essencial para o desenvolvimento de uma interação homem-máquina mais efetiva. Os autores sumarizam, a partir de diversos estudos anteriores, três características principais neste comportamento, que constituem os alicerces para a pesquisa na área: em primeiro lugar, cada comunicação entre seres humanos consiste de uma parte racional e uma parte emocional e ambos os aspectos devem necessariamente estar integrados. Em segundo lugar, a distinção entre níveis de comunicação de conteúdo (que diz respeito à racionalidade, incluindo argumentos, fatos, premissas e mensagens) e de meta-conteúdo (que está relacionado com fatores emocionais, como a semântica de gestos, linguagem corporal, expressões faciais e aspectos sentimentais) leva à separação de uma área de trabalho e uma área de comunicação. Em terceiro lugar, agir naturalmente tende a tornar a interação mais poderosa e isso implica em trazer para a ação movimentos corpóreos, incluindo todas as partes do corpo humano, como mãos, braços, rosto, cabeça, boca e pés.

Segundo Pike *et al.* (2009), a partir do momento que se conhecer mais a respeito dos aspectos que cercam a interação, as transições entre ferramentas deverão se tornar mais transparentes, de forma a tornar todo o processo o mais natural possível. Boas ferramentas de interação não chamarão atenção à sua operação, mas serão vistas como óbvias, de maneira que nunca confundirão as capacidades cognitivas humanas. Estes paradigmas são vistos como premissas básicas para a construção do que tem se chamado de Interfaces Naturais (*NUI – Natural User Interface*).

O objetivo da abordagem para este tipo de interface é projetar um produto que cria uma experiência e um contexto de uso que dá ao usuário a sensação de estar confortavelmente no controle de todo o processo, como se fosse um especialista. E este produto deve atingir tal objetivo com um mínimo de esforço e tempo. O atual estágio de desenvolvimento tecnológico demonstra que as interfaces naturais irão reduzir as barreiras da informática enquanto simultaneamente aumentarão o poder do usuário, o que levará as interfaces a nichos de uso ainda não imagináveis (WIGDOR e WIXON, 2011)

Para Rauterberg e Steiger (1996) as técnicas e estilos de interação tradicionais não permitem que o usuário possa misturar objetos do mundo real com objetos virtuais usando um mesmo espaço de interface. Além disso, tais técnicas não levam em consideração o enorme potencial das mãos humanas em interagir com objetos e representações em geral. Neste ponto entra o conceito de realidade aumentada, que prevê a construção do mundo por meio da sua ampliação, usando-se recursos computacionais. Os autores consideram que a realidade aumentada pode ser considerada a estratégia básica das NUI's, especialmente no que diz respeito a reconhecer que as pessoas estão acostumadas ao mundo real e que este não pode ser reproduzido de forma suficientemente completa e acurada, usando um computador.

Uma característica esperada para interfaces na era da computação ubíqua é a consideração simples de que em diferentes ambientes mudam-se os padrões e contextos de uso para o processo de interação. Isto é o que Wigdor e Wixon (2011) chamam de nicho ecológico aplicado às interfaces. A ideia é que a

evolução das interfaces computacionais não é unidirecional e que diferentes tipos de abordagens coexistirão dentro do seu nicho. Exemplos são as interfaces baseadas em linguagens de programação e linhas de comando, que continuam a existir, mas dentro do seu contexto próprio, que seria na execução de operações mais especializadas dentro da computação. Nas planilhas eletrônicas, esta “ecologia das linhas de comando” coexiste com uma interface gráfica e seu nicho ecológico, composto por menus, janelas, ícones e afins, e ambas trabalham em conjunto para proporcionar ao usuário uma experiência interativa eficiente. Assim, as chamadas interfaces naturais não tomarão o lugar das GUI’s, que deverão continuar a existir em seu nicho. Mas sim aparecerão em outros nichos e com conotações novas, com o diferencial de criar uma experiência tão natural para um usuário iniciante quanto para um especialista, e para estes últimos, poderá ser como uma extensão para os seus próprios corpos.

Abowd e Mynatt (2000) definem que a pesquisa nas interfaces naturais deve considerar quatro arcabouços básicos: 1) interfaces que possuem suporte à entrada de dados por meio de formas de comunicação mais naturais para os usuários (como a fala, gestos ou a escrita à mão); 2) interfaces “conscientes” acerca do contexto (que incluem o saber a respeito do quem, do que, onde, quando e porque, relacionados a entrada de dados no sistema); 3) captura e acesso automatizados, para experiências em tempo real; 4) disponibilidade contínua de dados. Wigdor e Wixon (2011) apontam que a pesquisa científica que embasa a criação destas interfaces deve prevenir a armadilha de se copiar paradigmas aplicáveis a interfaces já existentes assim como também deve procurar não basear o processo de criação no entendimento do conceito de naturalidade, pois isto por si só pode tornar este processo contraditoriamente artificial.

3.4 Dispositivos móveis

A usabilidade de interfaces para dispositivos móveis parece ser influenciada diretamente pelo ambiente ou contexto na qual ocorre a interação. Entretanto, para que a ubiquidade das novas relações entre usos e usuários possa ser completamente entendida, deve-se conhecer mais a respeito das características dos dispositivos por meio dos quais ocorre esta interação. Existem diversas classificações da indústria e da academia no que concerne a tais dispositivos. Neste trabalho apresenta-se a proposição de três autores para esta categorização. Firtman (2010) apresenta um conjunto de categorias bastante atual para estes dispositivos, concentrando-se em fatores relacionados a capacidades técnicas e ao acesso à internet. O autor utiliza a terminologia “telefones móveis” para telefones com funções de chamada e mensagens de texto (SMS); “dispositivos móveis de baixo rendimento” para telefones com navegador *web*, câmera básica, programa tocador de música básico, sem suporte a toque e memória limitada; “dispositivos móveis de médio rendimento” para telefones com telas de tamanho médio, sem suporte ao toque, navegador *web* com suporte à linguagem HTML, câmera com resolução nível VGA, programa tocador de música, jogos, aplicativos e, algumas vezes, suporte à tecnologia 3G; “dispositivos móveis de alto rendimento” para telefones sem suporte à tecnologia multitoque, com acelerômetro, câmera de boa qualidade, suporte à tecnologia Bluetooth, usualmente vendidos em conjunto com planos de internet; “*smartphones*” para telefones com sistema operacional multifuncionalidades, com gerenciadores e navegadores de arquivos, suporte à internet WI-FI e 3G, programa tocador de música, GPS, bússola digital, com opção de suporte ao multitoque; e “dispositivos móveis sem telefone” para tecnologias como *tablets*, *PDA's*, *netbooks* e *notebooks*.

Budiu e Nielsen (2009) consideram para esta categorização três classes apenas, focando especialmente no tamanho da tela que, segundo os autores, é diretamente responsável pela usabilidade destes dispositivos. Há que se

considerar também que, a categorização proposta por estes autores diz respeito somente a aparelhos de telefonia. Eles utilizam o termo “celulares regulares” para aparelhos com telas pequenas e teclado numérico. Esta categoria, segundo os autores, era responsável, na época do estudo, por cerca de 85% do mercado mundial de celulares; “*smartphones*” é o termo usado para os aparelhos celulares com uma tela maior e de resolução mais alta que os “celulares regulares”, com um teclado alfanumérico completo; “*telefones touch-screen*” é o termo usado para celulares com telas maiores e de boa resolução (acima do padrão VGA), com uma interface gráfica que utiliza manipulação direta e é sensível ao toque. No mesmo artigo, os autores advogam que usuários dos celulares desta última categoria possuem o dobro de percentual de taxa de sucesso na execução de tarefas de navegação em sítios na internet em relação aos usuários dos chamados “celulares regulares”.

Por último, apresenta-se a classificação de Keinänen (2011), que procura utilizar categorias que englobem tanto a questão do tamanho da tela quanto à existência de tela sensível ao toque. Os termos utilizados pela autora são:

- “Telefones móveis de baixo rendimento”, que inclui os aparelhos que suportam chamadas por voz e mensagens de texto em formato SMS;
- “Telefones móveis de médio rendimento”, que inclui os aparelhos celulares com telas pequenas, teclado numérico, com possível suporte à internet 3G e *wi-fi*, podendo incluir telas sensíveis ao toque, porém com navegadores web básicos e a menor resolução em tela possível, bem como capacidade limitada de cores do visor;
- “*Smartphones*”, inclui obrigatoriamente suporte a redes 3G e sinal *wi-fi*, telas de tamanho médio e teclado *QWERTY*;
- “*Touchphones*”, para aparelhos com tela sensível ao toque, suporte 3G e *wi-fi*, telas de resolução apropriada para apresentação de imagens e tamanho otimizado e teclado *QWERTY* (físico ou em tela);
- “*Tablets*”, aparelhos com suporte à internet 3G e *wi-fi*, tela grande, teclado *QWERTY*, virtual ou físico, suporte ao toque e sem necessariamente o

suporte a chamadas por voz por meio de bandas de telefonia (GSM, CDMA e afins).

Uma das preocupações apontadas em diversos trabalhos relacionados à IHC e à computação ubíqua (BUXTON et. al., 1985; COCKBURN e SAVAGE, 2003; GUTWIN e FEDAK, 2004; MALIK et. al., 2005; CHITTARO, 2006; BUDIU e NIELSEN, 2009; KEINÄNEN, 2011) e relacionados à Cartografia (JONES et. al. 2005; BURIGAT e CHITTARO, 2007; GARTNER et. al., 2007; BURIGAT et. al. 2008; HAKLAY e ZAFIRI, 2008; SETLUR et. al. 2010) diz respeito ao tamanho e resolução das telas onde são apresentadas as interfaces ao usuário. Buxton (2009) exemplifica esta preocupação para interfaces em dispositivos com tela sensível ao toque, afirmando que o tamanho da tela determina quais grupos de músculos são usados, quantos dedos ou mãos podem estar ativos na tela e quais tipos de gestos podem ser utilizados no dispositivo.

O paradoxo desta problemática pode ser explicado pelo fato de que o avanço da tecnologia diminuiu, por muito tempo, os componentes computacionais, o que proporcionou a criação de dispositivos mais portáteis, concomitantemente ao fato de que artefatos pequenos e úteis adquiriram o status de objeto de desejo e admiração nos dias atuais. Entretanto, o tamanho das telas constitui-se em um desafio para os projetistas de interfaces, uma vez que o caráter móvel do dispositivo depende de uma tela menor, que possibilita mostrar uma também menor quantidade de informação, assim como também torna menor a legibilidade das informações que lá estão e, no caso de telas sensíveis ao toque, também torna mais complexa a entrada de dados. Além disso, Norman (2004) afirma que, por mais que as pessoas queiram se sentir no controle e sintam-se confusas com determinadas interfaces poluídas e cheias de coisas inúteis, elas usualmente querem a maior quantidade possível de funcionalidades no aparelho que estão comprando e possuem o senso comum de que artefatos que parecem mais simples não irão atender suas expectativas.

A resolução de uma tela digital é dada pelo número de pontos (ou pixels) que compõem uma imagem apresentada nesta tela. Assim, uma resolução de

1024 x 768 pixels mostra 1024 pixels em cada uma das 768 linhas do monitor, ou seja, 786.432 pontos no total. A qualidade relativa à definição da imagem formada em uma tela de um dispositivo também depende da relação entre o número de pontos por polegada (*ppi*). Esta medida está relacionada ao tamanho da tela em polegadas e o número total de pixels na horizontal e vertical que ela comporta. Firtman (2010) apresenta o resultado de uma pesquisa de mercado⁴ em que lista informação acerca das vendas de dispositivos móveis em relação a sua resolução:

- Dispositivos móveis de baixo-rendimento: 128×160 ou 128×128 pixels;
- Dispositivos móveis de médio-rendimento: 176×220 ou 176×208 pixels;
- *Smartphones*: 240x240, 240x320, 480x320, ou 360x480 pixels;
- *Touchphones*: 240x480, 320x480, 360x480, 480x800, 480x854, ou 640x960 Pixels;
- *Tablets*: 1024x768, ou 1024x600 pixels.

A resolução de tela mais disponível no mercado, segundo esta pesquisa, é a resolução de 240x320 pixels, também conhecida como QVGA (VGA é a sigla em inglês para “Matriz de Gráficos em Vídeo” e o ‘Q’ é a primeira letra de *Quarter*, que significa a quarta parte do padrão VGA, cuja resolução é de 640x480 pixels). Existe também um padrão usado por *smartphones* mais atuais que é o HVGA (H de *Half*, ou seja, metade do padrão VGA), cuja resolução é de 320x480 pixels.

Quanto à relação entre as dimensões físicas da tela e a resolução, Flirtman (2010) afirma que a retina humana possui um limite de visão máximo de 300 ppi, ou seja, à distância em que normalmente os telefones são usados, o usuário é capaz de perceber diferenças na qualidade do que está sendo apresentado na tela até a relação de 300 pontos por polegada na tela. O mesmo autor traz uma noção da média para as telas dos dispositivos mais vendidos do mercado:

- Dispositivos móveis de baixo e médio-rendimento: de 1,1 a 1,8 polegadas;

4 Para o ano de 2007. O autor não deixa claro, porém, qual o mercado analisado na pesquisa

- *Smartphones*: de 2,4 a 2,6 polegadas;
- *Touchphones*: de 3,5 a 4,0 polegadas;
- *Tablets*: de 7 a 9,7 polegadas.

3.5 Tecnologias Touchscreen

Westerman *et al.* (2001) justificam o desenvolvimento de pesquisas científicas em novas técnicas para interfaces baseadas em gestual pelo fato de que as aplicações típicas para computadores pessoais são ineficientes do ponto de vista do desenvolvimento humano, devido a uma série de fatores. Dentre eles, os autores citam que a operação com um teclado e um mouse requer movimentos improdutivos, como a troca de mãos entre estes dispositivos; a necessidade de se usar conjuntos de habilidades diferentes para a interação, por conta do uso de dois dispositivos de diferentes características; o fato de, ao se usar o mouse ou outros dispositivos apontadores, apenas uma das mãos ser usada; o arranjo físico para o conjunto teclados e dispositivos apontadores ser um fator de risco no desenvolvimento de uma série de transtornos de saúde; a organização espacial do computador pessoal é ineficiente do ponto de vista da organização do espaço de trabalho.

Colombo *et. al.* (2003) afirmam que uma vez que o uso das mãos como apontadores é uma operação cotidiana que reflete um interesse específico em uma porção particular do espaço visível e que esta operação não requer nenhum tipo de especialização ou treinamento, o mesmo deve ser um candidato perfeito ao projeto de uma interface que preveja uma interação natural com um dispositivo. Moscovitch e Hughes (2008) afirmam que o fato dos espaços de ordem visual e motora ocuparem um único espaço físico (a tela) e os usuários utilizarem o próprio corpo para a interação com os componentes da interface deixa a determinação acerca da função de cada dedo como tarefa do próprio usuário. Os autores explicam que a tendência é que os usuários façam boas

escolhas uma vez que a interação é baseada na analogia de tocar e manipular objetos físicos.

Buxton (2011), citando seus trabalhos anteriores no tema⁵, afirma que os dispositivos com telas sensíveis ao toque, possuem propriedades que os distinguem de outros artefatos. A primeira particularidade diz respeito à inexistência de um dispositivo intermediário mecânico, como canetas ou discos para rolagem entre a mão e o sensor. Em segundo lugar, estes equipamentos possuem fácil integração com outros equipamentos, como mesas, murais, várias telas, *pads* e teclados. Usualmente são compostos por peças únicas e compactas e, por isso, tendem a ser duráveis.

Small (2002) lista cinco elementos que compõem um sistema do tipo *touchscreen*: a tela sensível ao toque; a interface para esta tela, com um computador cujo ecrã é compatibilizado com a tela sensível ao toque; um controlador que guia a tela e converte cada toque em coordenadas planas; um programa, que faz a comunicação entre o controlador e o sistema operacional; um programa para desenvolvedores, que permite que estes possam construir suas aplicações e personalizar as funcionalidades existentes.

Shneiderman (1998) lista as vantagens e desvantagens de telas sensíveis ao toque. Como aspectos positivos o autor destaca:

- Efetuar uma escolha e tocar uma tela requer pouco raciocínio e é uma forma de manipulação direta fácil de aprender;
- Telas sensíveis ao toque constituem os dispositivos de apontar bastante rápidos;
- Em comparação com mouses e teclados, as telas sensíveis ao toque possibilitam uma coordenação entre movimentos da mão e dos olhos essencialmente mais fácil;
- Não é necessário um espaço extra para dispositivos adicionais;

5 O autor atualiza as questões anteriormente discutidas em BUXTON *et al.* (1985)

- São considerados confiáveis e duráveis, o que pode ser comprovado pelo seu uso, já bastante disseminado, em terminais públicos, com uso contínuo e em grande volume.

Ainda Schneiderman (1998) considera como aspectos negativos destas interfaces:

- A mão do usuário pode atrapalhar a interação, ocluindo a própria tela;
- Pela natureza da interação com as mãos, as telas devem sempre estar em um nível mais baixo e inclinado, de forma a reduzir o cansaço no braço;
- O brilho neste tipo de tela pode ser prejudicado;
- À época a tecnologia de sensibilidade ao toque era consideravelmente cara em relação a outros tipos de tela, diferença esta que vem se reduzindo com o passar dos anos.

Sears e Schneiderman (1989) afirmam que a grande desvantagem da interação em telas sensíveis ao toque dizia respeito às altas taxas de erro no uso. Isto porque, segundo estes autores, é difícil para o usuário saber exatamente onde o dedo tocou a tela, devido a uma resolução inadequada da tela sensível ao toque ou ao fato da mesma ter uma sensibilidade grande, de forma a não estar imune aos toques simultâneos não intencionais. Porém, Albinsson e Zhai (2003) afirmam que as tecnologias mais novas vêm corrigindo estes problemas ao longo dos anos, resultando no “boom” de popularização da atual geração de dispositivos *touchscreen*.

Uma importante definição no universo dos dispositivos com tela sensível ao toque é o conceito de “gesto”, aplicado à interfaces multitoque, conforme Saffer (2008): “Uma ação iniciada por um evento (toque), na qual o sistema reconhece e executa uma ação específica, associada a tal gestual em particular”. O mesmo autor aponta que todo dispositivo ou ambiente que se utiliza de gestual para interação, como é o caso daqueles que possuem tela sensível ao toque, possui pelo menos três partes genéricas: um **sensor**, um **comparador** e um **atuador**. Estas três partes podem estar juntas em um único componente físico ou,

mais tipicamente, separadas em múltiplos componentes, como uma tela sensível ao toque (sensor), o computador (comparador), e um motor (atuador). Um sensor é tipicamente um componente elétrico ou eletrônico cujo trabalho é detectar mudanças no ambiente. Essas mudanças podem ser de vários tipos, dependendo do sensor. Saffer (2008) aponta algumas das variáveis usadas em sensores disponíveis no mercado:

- Pressão, que detecta se algo está sendo pressionado ou assentado. Usualmente é um mecanismo de natureza mecânica;
- Luz, que detecta a presença de fontes de luz (chamado de fotodetector);
- Proximidade, que detecta a presença de um objeto no espaço. Isto pode ser feito de vários jeitos, desde sensores infravermelhos até sensores de movimento e acústicos;
- Acústica, que detecta a existência de sons, usualmente por meio de microfones com alta sensibilidade;
- Movimento, que detecta a existência de movimento e velocidade, Usualmente por meio de microondas ou pulsos ultrasônicos;
- Orientação, que detecta a posição e a direção do artefato. Frequentemente usados em sistemas de navegação, esta variável é importante para várias aplicações e por vezes é complementada com a utilização de dispositivos auxiliares como câmeras, navegadores GPS ou sensores de proximidade por triangulação.

Assim, uma vez que um sensor “detecta” um alvo, ele passa a informação para o que se chama de comparador. O comparador compara a escala atual com o estágio anterior ou com o objetivo alocado ao sistema e efetua uma espécie de comparação, que decide o que fazer com os dados de entrada, que chegam por meio do sensor. Há um processamento e estas decisões passam a um atuador, na forma de um comando. Os atuadores usualmente são como motores elétricos que impulsionam um objeto físico, analogamente a um motor que abre uma porta automática. Em dispositivos modernos, os programas são os responsáveis pelo direcionamento deste motor, sendo responsáveis pelo que acontece após o

usuário executar uma ação de entrada (SAFFER, 2008). O projeto de interfaces prevê que estas três etapas sejam corretamente combinadas de forma a proporcionar uma melhor experiência de uso ao usuário do dispositivo.

Ainda Saffer (2008) atenta para o fato da importância da calibração da sensibilidade dos sensores (ou da moderação do comparador). Um sensor com uma sensibilidade maior do que a desejada produzirá disparos com maior frequência e talvez muito rapidamente para permitir uma reação do usuário, enquanto no caso de uma sensibilidade pequena, o sensor tornará a interface lenta e sem resposta.

Nas interfaces para telas sensíveis ao toque, o sensor é um painel de vidro que frequentemente utiliza uma das quatro tecnologias citadas a seguir: resistiva, capacitiva (que pode ser superficial ou projetada, com funcionamento idêntico, porém com diferenças estruturais), onda acústica superficial, e infravermelho. Os **sistemas resistivos** são constituídos de duas camadas, quando o usuário toca a camada mais externa, as duas camadas são pressionadas em conjunto, o que desencadeia um evento de toque. Nestes sistemas há a necessidade de se pressionar a superfície, pois o mecanismo mensura esta pressão de forma acurada e individual, o que, por sua vez, inviabiliza o toque simultâneo em duas ou mais posições. Os **sistemas capacitivos** são revestidos com um material que armazena carga elétrica de forma que quando o usuário toca a tela uma porção da carga é transferida para o usuário, o que diminui a camada capacitiva do painel e desencadeia um evento de toque. Os celulares *iPhone*, da marca *Apple*, utilizam-se deste sistema. Os **sistemas de onda acústica superficial** geram ondas ultrassônicas, de modo que quando o usuário toca a tela, uma porção da onda é absorvida, o que é registrado como um evento de toque. Os **sistemas do tipo infravermelho** são particularmente usados em grandes telas e incorporam raios do tipo infravermelho que tocam de leve a superfície plana da tela, em uma matriz (grade). Quando um objeto toca a tela, isto interrompe a projeção dos raios e a posição X,Y do objeto pode ser calculada. Neste caso a sensibilidade é determinada pela proximidade dos raios em relação aos outros raios (SAFFER, 2008).

3.6 Estratégias para a interação por toque

Existem na literatura específica da área diversas descrições de abordagem para telas sensíveis ao toque. Moscovitch (2007) sumariza as estratégias mais comuns para a seleção de objetos em superfícies sensíveis ao toque:

- Estratégia *Land-on*: se um item selecionado está sob o toque inicial, ele é selecionado por meio do impacto com a superfície da tela; de outra forma, nada é selecionado. O autor afirma que esta abordagem é a única disponível para algumas tecnologias de toque, como a baseada em transdutores piezoelétricos, que não possuem suporte ao toque contínuo;
- Primeiro contato: o sistema identifica o primeiro campo selecionável que o usuário toca quando há o contato com a superfície;
- Último contato (*lift off*): o sistema identifica o último campo selecionável que o usuário toca quando os dedos deste deixam a tela, independentemente de outros campos selecionáveis terem sido tocados antes do contato com a superfície ser terminado.

Existem ainda estratégias para melhorar a seleção de pequenos alvos, problema identificado por Albinsson e Zhai (2003) em relação às técnicas anteriormente existentes. As estratégias propostas, consideradas como eficazes pelos autores, foram chamadas de “chaves-cruzadas” e “manipulação-da-precisão”. A primeira consiste de uma espécie de mira com setas nas quatro pontas e uma chave de ativação no centro. O primeiro toque na tela ativa as setas e a chave de ativação, de maneira que ajustamentos podem ser realizados caso necessário; um exemplo (FIGURA 2) seria a necessidade de se tocarem as setas abaixo e à esquerda, para alcançar o alvo, uma vez que um toque em uma das setas move a mira na direção da seta. Quando a mira encontra-se na posição desejada, a chave de ativação é tocada. Se a mira no primeiro toque estiver longe

do alvo, o usuário pode escolher tentar novamente para ter um melhor ponto de inicialização.

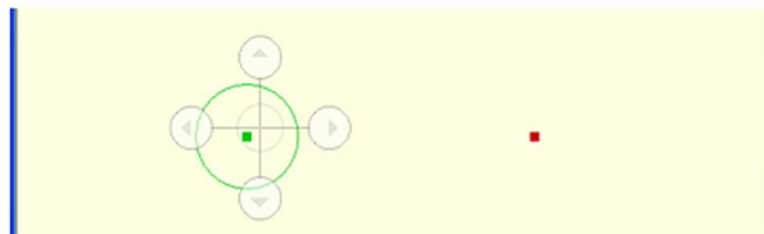


FIGURA 2 – TÉCNICA DE MIRAS CRUZADAS PARA INTERAÇÃO COM TELAS
FONTE: ALBINSSON e ZHAI (2003)

A outra técnica desenvolvida por Albinsson e Zhai (2003), chamada de “manipulação-da-precisão”, procura aumentar a precisão da interação deixando que qualquer movimento pelas mãos também movimente a ponta do mecanismo, mas em uma escala menor (FIGURA 3). Como na técnica anterior, para que se confirme a seleção, deve-se tocar na chave de ativação ao centro.

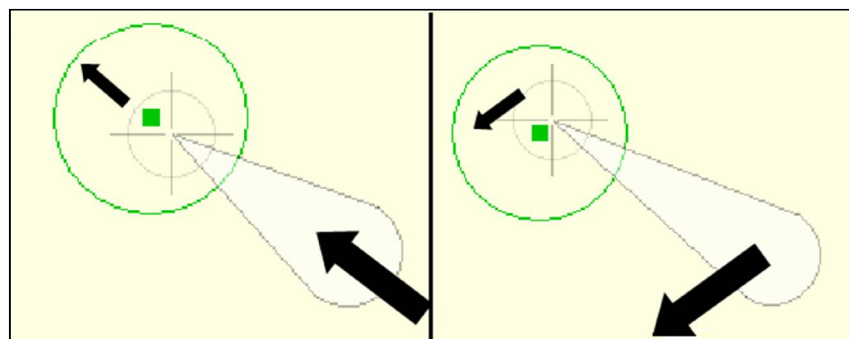


FIGURA 3 – TÉCNICA DE MANIPULAÇÃO-DA-PRECISÃO
FONTE: ALBINSSON e ZHAI (2003)

3.6.1 Realimentação

A interação por meio do toque deve, como em qualquer interface, prever a existência de respostas aos usuários, quando estes efetuam ações no sistema.

Bender (1999) aponta que tanto os erros atribuídos a utilização de mecanismos *touchscreen* em atividades do dia-a-dia quanto a baixa velocidade na entrada de dados atribuída a este tipo de sistema deve-se ao fato da ausência de uma realimentação tátil. O autor aponta que, em interfaces para telas sensíveis ao toque, podem ser desenvolvidas diversas técnicas para respostas aos usuários. Além de respostas visuais, o autor afirma que existe um potencial muito grande para o uso de retornos do tipo sonoro e tátil nestas interfaces.

Hoggan *et al.* (2008) afirmam que o uso de *retorno* tátil melhora significativamente a interação usando dedos em dispositivos *touchscreen*, especialmente no que diz respeito à entrada de dados usando teclados virtuais. Os autores afirmam que a utilização de um atuador com capacidades vibratórias, já presente em celulares em geral, ou atuadores com capacidades táteis mais específicas (como o que simula o “afundar” de teclas), podem aumentar a usabilidade destes teclados em telas sensíveis ao toque, tanto usando os dedos quanto dispositivos apontadores, como canetas *stylus*.

3.6.2 Características do alvo

As características do alvo em uma tela sensível ao toque influenciam diretamente a interação entre o usuário e interfaces construídas para este tipo de mídia. De acordo com Bender (1999), as variáveis mais importantes no que concerne aos alvos em tela, para este tipo de interação, são o tamanho, a forma e a localização, diretamente influentes no desempenho de usuários que executam uma tarefa usando este tipo de dispositivo. Acerca do tamanho do alvo, o mesmo autor explica que o projetista deve decidir pela correta proporção entre desempenho e fatores estéticos. Sears *et al.* (1993) afirma que alvos maiores são melhores, uma vez que esta é a preferência do usuário e proporcionam um desempenho que aumenta conforme se aumenta o tamanho do alvo. Schedlbauer (2007) afirma que o espaço entre os alvos não parece ter relação direta com a

eficiência, porém o tamanho do alvo tem uma relação inversa com a quantidade de erros cometidos pelo usuário.

Em relação ao tamanho do alvo, existem ainda dois fatores que podem ser usados para medir a eficácia da interface: o tempo de movimentação e o tempo de contato. Ambos dizem respeito majoritariamente à eficiência do movimento de toque. Bender (1999) afirma que as pessoas tendem a esperar mais pela resposta do sistema quando os alvos são pequenos, isso porque quanto menor o alvo, maior a dúvida se a posição exata do mesmo foi tocada. Tal característica tende a tornar maiores o tempo de movimentação e o tempo de contato, o que prejudica a eficiência geral da interface.

3.6.3 Aspectos ergonômicos

Diversos aspectos relativos à utilização de dispositivos *touchscreen* vêm sendo estudados na literatura em IHC. Exemplo destes aspectos é a preocupação com aspectos ergonômicos, especialmente ao que concerne à compatibilização do uso destes artefatos e as limitações e habilidades dos seus usuários. Apesar de Bender (1999) sugerir que a entrada e saída de dados considerada ótima para estas telas não pode conceber a tela na mesma posição para ambos os casos, é possível conceber que haja um conjunto de práticas de *design* que maximize a experiência e torne o trabalho mais efetivo. Assim, nestes dispositivos, em que a entrada e a saída de dados se dão sob a mesma superfície, podem ser aplicadas, por exemplo, as diretrizes de Lehman e Sutarno (1996) (FIGURA 4), que foram elaboradas para dispositivos que combinam entrada e saída em um único plano e requerem operação em pé. Estas são descritas abaixo:

- A tela deve ficar posicionada diretamente em frente ao usuário, em uma posição perpendicular;
- A tela deve ser ajustada em uma altura entre 1,04 e 1,4 metros a partir do chão, em relação ao centro da tela;

- A tela deve estar alcançável a uma distância entre 255 e 460 mm;
- Não devem existir obstáculos entre usuário e a tela;
- Ajustes na altura, distância e ângulos devem ser feitos individualmente para cada usuário;
- A altura da tela deve estar ajustada de maneira que o ângulo formado a partir do peito não seja maior do que 30 graus. O pescoço não deve ficar inclinado mais do que 15 graus à frente e o ângulo de vista não deve ser maior que 30 graus a partir do nível dos olhos;
- Além disso, a distância da tela deve ser ajustada de forma que possa a mesma ser alcançada com um ângulo dos cotovelos entre 90 e 135 graus;
- O ângulo da tela deve ser ajustado para ser operado pelo usuário com o pulso em uma posição neutra, de forma que todos os pontos de interação possam ser facilmente alcançados e o excesso de brilho que reflete na tela possa ser minimizado.

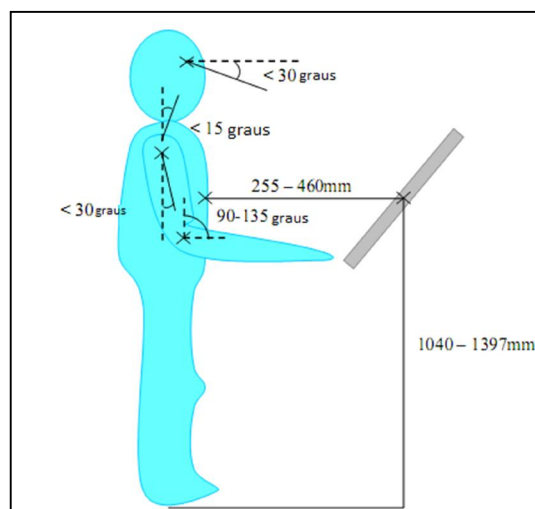


FIGURA 4 – DIRETRIZES PARA A INTERAÇÃO EM PÉ COM DISPOSITIVOS DE TELA SENSÍVEL AO TOQUE

FONTE: Adaptado de LEHMAN e SUTARNO (1996)

Outro aspecto é o que concerne ao uso de telas sensíveis ao toque é a necessidade da entrada de textos. Segundo Sears (1991) os teclados virtuais,

solução empregada para esta necessidade em dispositivos *touchscreen*, não são tão rápidos quanto os teclados tradicionais, mas são considerados uma alternativa viável. A média de palavras por minuto varia de acordo com o tamanho das teclas criadas para cada caractere. Com teclas quadrados de 22,7mm, o autor atestou que a média de digitação é de 25 palavras por minuto. Para efeito de comparação, Roeber et. al. (2003) encontrou um resultado médio de 27,6 palavras por minuto para mini-teclados, 64,8 para teclados convencionais, 46,8 para teclados virtuais do tipo “Canesta” (onde há, em uma mesa, a projeção de um teclado no tamanho padrão dos teclados tradicionais) e 14 palavras por minuto para a entrada de dados com uma caneta em um palmtop⁶.

3.6.4 Interação Multitoque

Buxton (2009) afirma que as interfaces multitoque começaram com a utilização dos teclados em computação (já existente nos anos 1960), uma vez que estes dispositivos foram a primeira geração de dispositivos periféricos a partir dos quais é possível a entrada de mais de uma informação, como quando são utilizadas duas ou mais teclas pressionadas simultaneamente para a execução de uma função. Um dos primeiros exemplos é o chamado teclado “*chorded*”, introduzido como dispositivo computacional por Douglas Engelbart - em conjunto com o *mouse* original - na qual era possível efetuar um comando por meio da combinação de poucas teclas de um teclado.

Westerman *et al.* (2001) afirma que o uso de superfícies que trabalham com uma abordagem multitoque permite que se abram possibilidades para que se obtenha *retorno*, tátil ou visualmente, da interface usada. O uso deste tipo de interface também proporciona o exercício das capacidades intuitivas do usuário, o

⁶ Os autores utilizaram do sistema Graffiti, padrão de escrita com canetas específicas para palmtops desenvolvida pela Xerox® para os aparelhos da Palm®

que permite controles baseados em gestual bilateral⁷, o que tende a melhorar o desempenho humano na execução de tarefas. Além disso, há a questão acerca da ergonomia do uso e da organização eficiente do espaço.

Para Buxton (2009) existem diversos aspectos que devem ser considerados nas interfaces em telas sensíveis ao toque, com relação ao tipo de entrada de dados:

- a) A quantidade de dedos envolvidos na interação, que pode ser classificada em interação usando-se um único dedo ou em que se usa mais de um dedo. Mesmo que os dispositivos multitoque já sejam conhecidos e desenvolvidos desde a década de 1980, a maior parte das superfícies sensíveis ao toque ainda são construídas com suporte à interação de apenas um toque, o que restringe o vocabulário gestual e não contribui para a interação natural;
- b) O tipo de interação múltipla: para Buxton (2009) o fato de a interação ser realizada em interfaces do tipo GUI define que não há possibilidades de interação usando-se a técnica multitoque. Ao invés disso há o que o autor chama de interação multiponto, que consiste na substituição do mouse pelos dedos, podendo ser usado mais de um dedo, analogamente ao uso dos botões do mouse. Assim, na interação multitoque, técnicas como o duplo-clique, o arraste e o uso de menus do tipo *pull-down* não existem, uma vez que o paradigma é outro e as metáforas usadas em interfaces GUI não se aplicam. Este aspecto é semelhante ao fato de que deve haver uma diferenciação na abordagem da identificação do toque: é possível identificar uma série de aspectos relacionados à dinâmica dos gestos executados na interação, o que possui mais variáveis de interesse do que a mera tarefa de se identificar o contato em múltiplos pontos;

7 Gesto de interação que ocorre em duas frentes, como quando se utilizam duas mãos para a entrada

- c) O uso de mais de uma mão: neste espaço de interação, ocorre a possibilidade de se utilizar mais de uma mão para a execução de tarefas (técnica bimanual). Buxton (2009) afirma que, por mais que a técnica de interação seja a mesma (como o ato de executar uma atividade de tocar um item, e arrastá-lo para outro lugar), os aspectos cognitivos envolvidos são ligeiramente modificados, o que deve ser objeto de estudo;
- d) A interação com mais pessoas: para o autor existe uma grande diferença na interação com, por exemplo, dois dedos de uma mesma mão de uma única pessoa em contraste com o uso de apenas um dedo da mão direita de dois usuários diferentes. No caso proposto pode haver um sistema que não reconhece que existem múltiplos usuários interagindo e sim apenas que estão sendo pressionados dois pontos diferentes do espaço de interação. A solução esperada para tal, segundo Buxton (2009), é a utilização de múltiplos cursores, conforme a identificação dos usuários em uma mesma interface.
- e) O uso de dispositivos apontadores como canetas no lugar dos dedos: dependendo do contexto, deve-se prever no projeto de uma interface natural as diferenças da interação utilizando uma ou outra opção, que possuem vantagens e desvantagens. O exemplo dado pelo autor concerne a duas atividades diferentes: para a confecção de quadros, pintores renomados recorreram ao uso de pincéis. Para a identificação do estado de temperatura da água de um lago, as pessoas iriam preferir usar o próprio dedo como instrumento medidor;
- f) A interação utilizando objetos em geral: há a possibilidade de se reconhecer com exatidão o uso de outros objetos que não uma mera caneta apontadora, o que pode trazer ganhos nas possibilidades de orientação e uso de texturas. Ainda deve-se prever uma interação diferenciada para o caso de serem usados objetos com as mãos e dedos em conjunto.

Moscovitch e Hughes (2008) afirmam que existem várias tecnologias relativas à sensibilidade ao toque que podem detectar o toque simultâneo de vários dedos. Este tipo de superfície vem sendo desenvolvido por meio da pesquisa em técnicas para interação por gestual e para a entrada de dados por meio de parâmetros múltiplos. Assim, vários dispositivos de entrada fazem uso da capacidade humana de manipular muitos graus de liberdade de objetos físicos. Grande parte destes dispositivos são controladores do tipo 6DOF (que tem suporte a até seis graus de liberdade), projetados para controlar os três graus de liberdade do espaço e os três intrínsecos às medidas angulares de um corpo rígido no espaço.

Acerca da interação por gestual, Moscovitch (2007), afirma que o conceito dos gestos, especialmente na interação por meio das mãos dentro do contexto da IHC, está diretamente relacionado ao estudo dos gestos naturais executados pelas pessoas na comunicação diária. Isto implica no estudo das posturas e movimentos das mãos que expressam uma determinada ideia. Enquanto estes gestos podem permitir a um usuário selecionar quais dos vários parâmetros devem ser ajustados, os graus de liberdade adicionais são geralmente usados para especificar o gestual, não para o controle de altos graus de liberdade. O autor continua, e afirma que este tipo de interação deve ser cuidadosamente projetada de forma a tornar a entrada de dados fácil de assimilar, que seja fácil de diferenciar os gestos uns dos outros e que haja a direta associação destes parâmetros com um significado.

Com relação à entrada de dados em um sistema por meio de parâmetros múltiplos, Moscovitch e Hughes (2006) alegam que o uso de múltiplos dedos para o controle de cursores contribui para o paralelismo, o que pode simplificar o fraseado de tarefas de interação. Os autores apresentam uma solução de entrada que utiliza um cursor intermediário ao invés da manipulação direta do toque, que tende a proporcionar ao usuário uma precisão, alcance e domínio melhores.

3.6.4.1 Interação bimanual

As técnicas de interação usando duas mãos podem ser categorizadas em conjunto às interfaces multitoque, uma vez que ambas procuram aumentar o paralelismo na entrada contínua de parâmetros por meio da consideração de vários parâmetros da mão. Este paralelismo tende a reduzir o tempo para a execução de tarefas que incluem a manipulação de elementos gráficos. Segundo Moscovitch (2007), a interação bimanual tem várias vantagens em relação à interação com apenas uma mão, dependendo, é claro, da tarefa a ser executada. A vantagem mais óbvia diz respeito ao fato de que os usuários podem controlar parâmetros usando duas mãos simultaneamente, o que claramente diminuirá o tempo de execução de tarefas que manipulem múltiplos parâmetros. Porém, existem evidências de que estes benefícios não estão limitados tão somente a esta mera eficiência mecânica. Hincley *et al.* (1997) prova que o uso de duas mãos na interação muda o modo como usuários pensam sobre uma tarefa.

Segundo Moscovitch (2007), os métodos para a interação bimanual podem ser categorizados como técnicas em que as mãos são usadas simetricamente (o autor cita como exemplo o ato de guiar uma bicicleta) e técnicas nas quais as mãos são usadas assimetricamente (como no ato de descascar uma batata). No uso assimétrico, Hincley *et al.* (1997) estudaram o modelo de Guiard⁸ e puderam comprovar que a mão não-dominante serve para configurar uma estrutura de referência dinâmica para a operação da mão dominante. Um exemplo seria o ato de se escrever a mão, na qual a mão não-dominante mantém o papel fixo na área onde a mão dominante executa o trabalho. Ainda, os autores realizaram testes que comprovaram que existem diferenças na escala dos movimentos entre as mãos, de maneira que a mão dominante age com movimentos em escala menor e mais acurada, tanto espacialmente quanto temporalmente, em relação à mão não-dominante. Por

8 Y. Guiard. Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model. *Journal of Motor Behavior*, pages 485–517, 1987

último, de acordo com o modelo de *Guiard*, a mão não-dominante tem precedência no agir, uma vez que a ação da mão dominante não é sentida antes que haja a configuração de uma estrutura de referência. Já em uma interação de natureza simétrica que usa as duas mãos, ambas servem à mesma função manipulativa.

Moscovitch e Hughes (2008) afirmam que a manipulação utilizando-se uma mão apenas é compatível com tarefas de rotação visual, mesmo que não haja uma correspondência entre os dedos e o objeto a ser rotacionado. Especificamente, o transporte, a rotação e o alongamento de um objeto são compatíveis com o posicionamento e orientação da mão, e o ajuste da distância dos dedos. Em compensação, a interação bimanual é compatível apenas com uma tarefa de manipulação nos casos em que existe uma correspondência clara entre os dedos e os pontos de controle manipulados. A ausência de tal correspondência resulta na confusão e em um desempenho reduzido. Assim, o controle da orientação numa interação multitoque pode ser executado por uma mão sem a necessidade para tal do uso de um retorno visual acerca da operação efetuada.

Dois mãos executam tarefas que requerem o controle separado de dois pontos melhor que uma. Esse é o caso até mesmo quando os pontos controlados estão dentro do intervalo de movimento dos dedos de uma só mão. Exemplos incluem a manipulação de janelas, seleção por marca (*marquee*), corte de imagens, ou controle de objetos separados. Uma vez que estas tarefas possuem uma clara correspondência entre os dedos e os pontos de controle, estas são perceptualmente compatíveis com o controle por meio do uso de duas mãos.

Wang e Ren (2009) concluem que as técnicas usadas para interfaces multitoque não exploram completamente as possibilidades da mão e dedos humanos. A função dos dedos na maior parte das interfaces disponíveis está reduzida meramente à posição do cursor e eventos de clique. Estes autores acreditam que a investigação acerca das propriedades de entrada de dados usando os dedos (FIGURA 5) – contato, área, forma e orientação – pode ser

determinante para superar as limitações citadas acima e melhorar a habilidade interativa dos usuários.

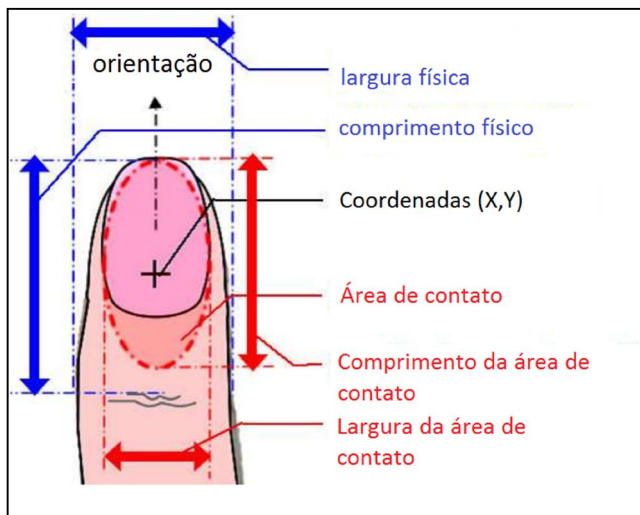


FIGURA 5. PROPRIEDADES DOS DEDOS UTILIZÁVEIS NAS TÉCNICAS DE INTERAÇÃO MULTITOQUE

FONTE: Traduzido de WANG e REN (2009)

3.6.5 Desafios para a interação multitoque

Albinsson e Zhai (2003) afirmam que o dedo humano é um “dispositivo apontador com resolução muito baixa”, o que significa dizer que ocorrerão problemas quando se quiser apontar objetos que são menores que o tamanho da superfície da ponta do dedo. Esta característica refletir-se-á na limitação das interações possíveis com a interface, uma vez que a expectativa dos usuários enquanto agentes da interação é que haja uma analogia com o mundo físico, o que logicamente gera restrições ao projeto. Zhai e Milgram (1998) afirmam que esta característica do dedo humano torna a precisão para a seleção mais difícil, além de causar oclusão no objeto da manipulação. Além disso, quanto maior a tela, maior a probabilidade de não se conseguir alcançar um determinado objeto. Tais limitações trazem problemas na implementação de conexões espaciais mais

complexas e indiretas entre o controle e o espaço físico de interação. A ilustração para este tipo de associação espacial é a que existe entre o *mouse* e o seu cursor, que aumenta tanto o alcance quanto a precisão do cursor permitindo a correspondência e a aceleração do cursor.

Moscovitch e Hughes (2006) procuram resolver o problema de alcance e precisão em superfícies multitoque a partir da aceleração do cursor na tela para que este corresponda ao sistema de coordenadas dos dedos do usuário, enquanto o cursor de similaridade aumenta o alcance e a precisão do controle de rotação por meio da aplicação de uma função de ganho à rotação da mão. A técnica criada por estes autores efetua uma redução na escala do cursor de forma que as distâncias entre os dedos tornem-se pequenas o suficiente para caber na interface, sem perder a capacidade de alcançar todos os cantos da tela. É efetuada uma translação deste sistema de coordenadas por meio do movimento da mão. Aplica-se então a aceleração do *mouse* a este movimento, de forma a fazer com que a mão tenha acesso à tela inteira, mantendo a alta precisão em baixas velocidades. Assim, há um reflexo do relacionamento natural que há entre os dedos de uma mão. A limitação deste tipo de abordagem se dá por conta da dependência entre os movimentos de cada mão; o movimento da mão moverá todos os dedos no cursor, mesmo que um deles permaneça fixo na superfície.

O uso destas correspondências indiretas também é relatado em Malik *et al.* (2005), que se utilizam da interação com duas mãos – sendo uma considerada dominante e outra não-dominante – para a execução de tarefas dependentes de assimetria. Nestas tarefas a mão não-dominante pode ser designada para a execução de ações grosseiras e menos frequentes, enquanto a mão dominante é usada para ações mais frequentes e rápidas, que requeiram precisão. Os autores afirmam que este tipo de abordagem leva a um melhor desempenho, uma vez que há uma correspondência com a forma dos humanos executarem tarefas no mundo real usando as duas mãos. Assim, a correspondência indireta está no fato de que uma mão conduz o sistema de coordenadas da outra.

Tais métodos representam, segundo Moscovitch e Hughes (2008), ferramentas poderosas na interação que acontece com um número maior número

de graus de liberdade. Porém, mesmo que haja uma correspondência direta entre a associação espacial e a tarefa a ser executada, a efetividade do desempenho é difícil de prever, uma vez que existem diversos fatores psicológicos e cognitivos envolvidos no processo. Dessa forma, os autores recomendam que a associação entre movimentos possa ser selecionada por meio da análise de dois tipos de relacionamentos entre os graus de liberdade das mãos e a tarefa. O primeiro relacionamento diz respeito ao grau de similaridade entre o retorno visual dado pelo sistema e à ação física do usuário. Este pode ser justificado pelo estudo do princípio da compatibilidade estímulo-resposta, que diz que quando há correspondência entre as propriedades de um controle e as propriedades de um estímulo visual tem-se como consequência um desempenho superior, em comparação à situação onde não há correspondência.

O segundo relacionamento, ainda segundo Moscovitch e Hughes (2008) é a análise das tarefas na interação de forma a determinar quais parâmetros beneficiar-se-iam de um controle paralelo e coordenado e quais parâmetros seriam mais bem controlados separadamente. Este tipo de análise permitirá a um projetista designar controles a determinados parâmetros de forma apropriada.

Assim, para Bachl *et al.* (2010) pode-se categorizar em três grandes grupos os problemas e desafios no desenvolvimento de telas sensíveis ao toque: 1) desafios que dizem respeito à inovação tecnológica; 2) desafios que podem ser resolvidos por meio do projeto da interface e 3) desafios que devem ser resolvidos por meio tanto do projeto da interface quanto em nível de *hardware*. Para o primeiro grupo, incluem-se os desafios acerca da criação de *retorno tátil* e o reconhecimento de múltiplos usuários que requerem o aprimoramento de tecnologias para telas sensíveis ao toque. Para o segundo grupo, os autores citam como exemplo o estudo das diferenças impostas pela utilização de dedos, mãos e braços na interação com telas com suporte ao multitoque. Por fim, para o terceiro grupo, os autores citam a característica de *affordance* de uma tela do tipo *touchscreen* além de questões relativas à acessibilidade.

Por fim, destaca-se aqui um estudo recente, executado por Norman e Nielsen (2010). Os autores criticam as interfaces atuais que utilizam-se de gestual

para a entrada de dados pelo fato de que seu design tem ignorado boa parte dos princípios cientificamente testados como eficientes na interação. Os princípios que, segundo os autores, têm sido negligenciados no projeto de interfaces de boa parte dos dispositivos presentes no mercado são apontados a seguir, seguidos por exemplos encontrados na análise da usabilidade de interfaces bastante conhecidas:

- a) a visibilidade. As *affordances* que deveriam existir não existem ou não funcionam;
- b) o *retorno*. Tanto *Apple* quanto *Google* recomendam múltiplas formas de retornar a tela anterior, mas o botão “voltar” deve sempre ser dado, seguindo o modelo de “*going back*” do usuário;
- c) a consistência e os padrões. Botões do tipo *radio* e *checkboxes* são misturados;
- d) a capacidade de descobrir. Não são oferecidos menus de maneira que os usuários precisam memorizar um grande conjunto de gestos para achar as ações;
- e) a escalabilidade. Existe a possibilidade de se usar vários tamanhos de tela, mas o gestual que funciona bem para telas pequenas não o faz para telas grandes e vice-versa;
- f) a confiabilidade. Os gestos são “invisíveis” e os usuários usualmente não sabem se cometeram erros. Os usuários perdem seu senso de controle do sistema porque eles não entendem a conexão entre as ações e os resultados.

Estes autores admitem que as novas interfaces usadas na nova geração de aparelhos *touchscreen* podem ser agradáveis de usar, uma vez que o gestual adiciona um sentimento bem-vindo de atividade, em relação aos pouco “divertidos” padrões de cliques e afins. Porém, não podem ser esquecidas as regras de usabilidade para estes dispositivos, sob pena de todo o processo de interação ser sacrificado, tornando-o pouco efetivo.

3.7 *Resumo*

No presente capítulo procurou-se apresentar um panorama acerca de aspectos importantes para o projeto de interfaces, desde os principais grandes grupos de tipos de interfaces até as técnicas usadas nestas interações, como forma de contextualizar o projeto a ser proposto nesta tese. Além disso, o texto também trata de estratégias, princípios e desafios, que devem ser levados em conta na construção de uma interface para dispositivos com tela sensível ao toque.

4. COGNIÇÃO, INTERATIVIDADE E MAPAS

Desde a década de 1950, nos primeiros trabalhos em que se estudavam métodos e princípios aplicados aos diferentes aspectos das representações cartográficas, muitas pesquisas científicas na área da Cartografia são realizadas por meio de métodos e instrumentos experimentais. Nestes casos, a partir do embasamento advindo das teorias da percepção visual e aplicando-se técnicas quantitativas e qualitativas de observação e mensuração de variáveis. O objetivo é produzir conhecimentos aplicáveis a uma ciência já estabelecida e que atualmente possui inter-relações com os mais diversos campos e tecnologias. Van Elzakker (2004) cita que em diversas épocas existiram pesquisas em Cartografia em que se abordaram em maior ou menor grau os aspectos perceptivos e psicológicos do uso dos mapas, assim como no outro extremo existem pesquisas que procuram respostas para os problemas no projeto cartográfico e fatores relacionados aos mapas enquanto artefatos funcionais. MacEachren (1995) acrescenta a estes tópicos a pesquisa baseada no princípio léxico das representações, conceito ligado à significação. Esta abordagem se dá no entendimento de como símbolos alcançam seus significados e como um usuário pode aprender a manipular esta informação de forma a dar à representação novas características. Exemplos de trabalhos em que os autores procuram discutir estas questões são Wood (1992) e Monmonier (2005). Estas abordagens fazem parte de visões complementares para a compreensão mais ampla das características intrínsecas dos mapas e seus significados para o homem.

No que concerne à abordagem funcional, existem diversos trabalhos na Cartografia, especialmente estudos clássicos como BERTIN (1967), assim como também grande parte das pesquisas relacionadas aos aspectos visuais como a escolha de cores para simbologia em mapas (MERSEY, 1990; BREWER, 1994) ou de estudos acerca da variação em tamanho nas variáveis visuais usadas para representação de fenômenos (FLANNERY, 1971; BREWER e CAMPBELL, 1998;

DENT, 1999). Estes trabalhos possuem uma abordagem holística no sentido de que o fluxo do processamento da informação por parte dos usuários é entendido como um único bloco, sem considerações mais aprofundadas acerca das especificidades do processamento cognitivo, da interpretação e da tomada de decisão para cada aspecto existente na representação analisada. Mais recentemente, a abordagem funcional na Cartografia vem sendo aplicada em exemplos contemporâneos de aplicações para mapas, como em dispositivos móveis (NIVALA, 2007; SARJAKOSKI, 2003; LOOIJE *et al.* 2007; PUGLIESE, 2007; SETLUR *et al.* 2010), mapas interativos (de MENDONÇA, 2009; NIVALA, 2007; SKARLATIDOU; HAKLAY, 2006) e ferramentas de navegação para interfaces cartográficas (HORNBAEK, 2002; YOU *et al.*, 2008; YOU *et al.* 2009).

No caso da pesquisa baseada em elementos cognitivos, MacEachren (1995) aponta que tal abordagem procura colocar o indivíduo no centro da análise, uma vez que neste nível existem questões concernentes aos processos psicológicos, culturais e de comunicação. Estes fatores normalmente são aproveitados para teorizar acerca da percepção que cada pessoa tem em relação à mediação do pensamento e percepção de símbolos em mapas ou de como se dá o processo de tomada de decisão baseado na interpretação de um símbolo em um mapa. Exemplos de pesquisas nesta abordagem são os trabalhos voltados para a pesquisa em visualização cartográfica, como Van Elzakker (2004) e Andrienko *et al.* (2001),

A análise da literatura de testes em cartografia demonstra que, de forma simplificada, os estudos acerca do aspecto funcional dos mapas usualmente estão voltados a análises e comparações aplicados para que se descubra o que é mais efetivo e eficaz, enquanto a análise de aspectos cognitivos busca também compreender os processos cognitivos ligados a interfaces mais ou menos efetivas.

Com a adoção de modelos para a descrição do processo de comunicação cartográfica, a pesquisa na área passou a se concentrar no que Robinson e

colaboradores⁹ chamaram de “a psicologia do leitor de mapas”, numa citada evolução em relação ao escopo da Cartografia até então:

O objetivo em 1950 era simplesmente fazer um mapa; Em 1975, em teoria, um produtor de mapas constrói um mapa de acordo com o que foi imaginado por um cartógrafo, que supostamente é sensível às capacidades previstas da pessoa que lerá o mapa. Corolários dessa visão são uma menor atenção para a ideia do mapa como um mecanismo de armazenamento de dados espaciais e mais atenção à ideia de um mapa como um meio de comunicação. (...) Na comunicação, a psicologia do leitor de mapas deve estabelecer limites superiores e inferiores à liberdade de projetar do cartógrafo. (ROBINSON et al., 1977, citado por CRAMPTON, 2001).

De acordo com Crampton (2001), esta afirmação reforça quatro axiomas básicos acerca do modelo de comunicação cartográfica e, conseqüentemente, do direcionamento da pesquisa em mapas após os anos 1970. O primeiro diz respeito à clara separação entre cartógrafo e usuário, princípio este que atualmente encontra sérias restrições de aplicação, muito por conta da incorporação de processos interativos em interfaces para mapas. O segundo mostra que o mapa é um intermediário entre o cartógrafo e o usuário. O terceiro é a ideia de que o mapa é meio de comunicação de informações para o usuário a partir do cartógrafo. E o quarto está atrelado à necessidade de conhecer os parâmetros cognitivos, psicológicos e físicos da pessoa que usará o mapa, de maneira que esta possa compreender, aprender e lembrar da informação comunicada pelo mapa. Este último ponto está em consonância com vários aspectos da abordagem UCD, difundida na área de IHC.

9 ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRCKE, P. C. Cartography 1950-2000. *Transactions, Institute of British Geographers* n.s. 2(1), 3-18. 1977

4.1 Percepção Visual

A percepção visual é a habilidade de ver e dar significado aos sinais de luz que alcançam os olhos. A partir do momento em que algo se torna visível e a cognição visual consegue captar isto, associando o que se vê aos conhecimentos prévios da mente, o observador se aproxima do entendimento do que é este algo. Especificamente em relação à Cartografia, Slocum (1999) distingue fatores perceptivos de fatores cognitivos. A percepção lida com a reação inicial do usuário em relação aos símbolos cartográficos, enquanto a cognição lida não apenas com a percepção, mas também com os processos de raciocínio, experiência e memória.

A percepção é associada e dependente da cognição visual. Esta última é o aspecto dominante quando há o primeiro contato com os símbolos de um mapa. Gordon (2004) cita que a visão engloba dois estágios principais: o estágio pré-atentivo, relacionado àquilo que as pessoas veem de forma imediata, por não haver necessidade de concentrar atenção e raciocínio. Nesta etapa os alvos surgem para o usuário, sem que seja necessário empregar qualquer esforço; e o estágio atento, no qual a percepção signo a signo¹⁰, que pode ser definida pela chegada do pensamento consciente, ao contrário do estágio que ocorre primeiramente, o da visão pré-consciente.

Como forma de proposição acerca da maneira de se analisar o que influencia um usuário de um mapa, considera-se aqui que a percepção visual humana deve ser estudada como forma de “entrada” para as análises da interação homem-mapa. MacEachren (1995) afirma que a proposição aceita como dominante em percepção visual pelos pesquisadores em Cartografia tem sido a que cita a visão como um sistema de processamento de informação e que esta informação seria uma construção, realizada a partir de uma entrada sensorial (e não como se fosse comunicada por meio de “caminhos” visuais). Esta teoria é

10 A definição de signo remonta os trabalhos de Charles S. Peirce, que explica o conceito como “alguma coisa que representa algo para alguém”. (MAZIERO, 2007)

oposta à abordagem ecológica, proposta por Gibson (1979), citado por MacEachren (1995), que aborda o conceito de que a percepção é um processo no qual as cenas visuais “permitem” os significados para os usuários¹¹.

Gordon (2004) afirma que a percepção visual humana se dá sempre em dois ambientes, de naturezas distintas e particulares. O ambiente natural seria relacionado com todos os padrões, texturas e superfícies que ocorrem no espaço natural, sendo por isso parte da evolução da humanidade ao longo da história. O ambiente artificial seria constituído por elementos cuja origem é a cultural humana, como a linguagem, os símbolos e os instrumentos e culturas criados pelo homem. Aplicando-se esta teoria a relação entre as pessoas e as representações do espaço em que vivem, a percepção visual da leitura de mapas sempre estará ligada a um ambiente artificial, enquanto que a percepção do espaço geográfico seria intrínseca à natureza.

No instante em que um usuário vê um mapa, ocorre a percepção visual do estímulo, motivada pela visão, cujo sentido é acionado pela sensibilização da retina à luz, que envia uma série de impulsos elétricos ao cérebro. O cérebro então responde ao estímulo com o significado do objeto a ser observado, num processo chamado de cognição visual. Assim, MacEachren (1995) afirma que a interação com um mapa é um problema de processamento de informação, de natureza complexa, na qual representações daquilo que se vê, primeiramente neurológicas e depois cognitivas, são criadas na mente humana e então “interrogadas” por representações pré-existentes, o que cria um contexto na qual a imagem conceitual adquirida a partir deste mapa pode ser enfim entendida.

MacEachren (1995) apresenta a teoria de Marr (1982)¹² para a percepção visual (FIGURA 6). Nesta teoria, Marr explica que as imagens formadas na retina são resultado da observação de objetos que refletem diferentes intensidades de energia luminosa. Primeiramente é formado um esboço inicial básico, que capta somente a forma básica do objeto. Após esta etapa, o esboço é transformado em

11 A partir disto surge a ideia das “affordances”, citadas no capítulo 2 desta tese.

12 MARR, D. Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information. San Francisco: W.H. Freeman, 1982.

um esboço com duas dimensões e meia, por meio uma transformação para um sistema de coordenadas, com origem no observador, que considera a orientação da superfície, distância do objeto ao observador, e eventuais discontinuidades. Na terceira etapa, o modelo passa a ser uma representação tridimensional refinada pela construção de um modelo hierárquico, que dá suporte ao desenho de formas volumétricas aproximadas da cena vista.

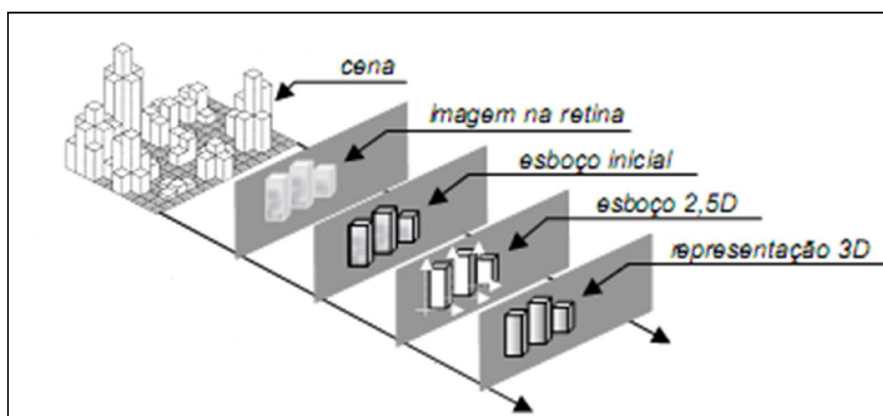


FIGURA 6 – ESTÁGIOS DA VISÃO

FONTE: MACEACHREN, 1995, adaptado por MAZIERO, 2007

Assim, de acordo com Maziero (2007), a análise do modelo de Marr (1982) pressupõe que as representações mentais previamente existentes na mente auxiliam na organização e compreensão dos objetos que vemos, sendo que o que é captado pela retina não é compreendido de forma equivalente pelo cérebro. Portanto, pode haver diferenças individuais no entendimento, o que, em mapas, deve ser objeto de cuidadoso projeto.

O estudo do *design* de mapas procura embasar a construção dos melhores mapas possíveis para aquilo a que se destinam. Importante frisar que, em relação à pesquisa em interfaces cartográficas, o termo *design* é utilizado para denominar um processo que envolve fatores humanos e considera o envolvimento psicológico daqueles que o realizam (MAZIERO, 2007), o que usualmente não é considerado no termo “projeto”. O termo interface aplicado a mapas também é de uso relativamente recente. Segundo Harrower (2009) este conceito define tanto os aspectos da funcionalidade do mapa, ou seja, em que este mapa pode ser útil

ao usuário, como a curva de aprendizagem, que diz respeito a quão rápido este usuário pode dominar estas funcionalidades. Para Maziero (2007) e Miller (2007), a separação entre as funcionalidades definem o que se chama de interface em Cartografia: a interface-mapa aproxima-se mais do mapa tradicional, e todos os seus elementos cartográficos, consultados e visualizados dinamicamente; enquanto a interface-computacional comporta as ferramentas de navegação e análise espacial.

Para que se entenda a teoria atual para o projeto destes mapas, há que se entender as funções destes mapas em acordo com o conhecimento que se possui acerca da percepção visual humana, pois a visão é o principal canal por onde se adquirem informações acerca do espaço. Olson (1976) cita que, de acordo com os níveis de percepção visual, pode-se fazer uma analogia com a função que os mapas desempenham em relação à hierarquia do processo de interação com os mesmos. Para a autora, em um primeiro nível estaria a chamada “leitura de mapas”, em que ocorre a mera comparação do que se vê em termos de simbologia. Em um segundo nível estaria o chamado “reconhecimento”, em que o usuário, durante a visualização dos mapas percebe tendências e padrões que ocorrem entre um grupo de símbolos cartográficos. No terceiro nível existe o que a autora chama de “interpretação”, onde comparações são realizadas para que se percebam as correlações espaciais existentes entre aquilo que foi mapeado. Analogamente, Keates (1996) afirma que existem processos fundamentais, que são ativados no momento em que se observa e analisa um mapa. Para este autor, as pessoas precisam de cinco estágios no processamento da representação analisada, a detecção, a discriminação, a identificação, o reconhecimento e, por fim, a interpretação.

A pesquisa em variáveis visuais para mapas tem no trabalho de Bertin (1967) a sua mais importante base. Este autor empiricamente definiu classes de variáveis gráficas que seriam básicas para que significados sejam derivados a partir de suas representações. Para ele, as variáveis visuais podem ser divididas em duas classes, distintas e funcionais, chamadas de planares e retiniais. Segundo MacEachren (1995), o termo *retinal* origina-se do processamento

efetuado na retina do olho, isto devido às reações imediatas e pré-conceituais que estas variáveis causam. De uma maneira geral, as pessoas reagem de forma diferente a estímulos visuais, uma vez que a informação é recebida de forma sinóptica e de uma única vez, ao invés, por exemplo, do processo de percepção de informações faladas, que ocorre de forma sequencial, e em ordem definida. Portanto, o entendimento de símbolos cartográficos é afetado por variáveis visuais absolutas (localização, cor, forma, tamanho, orientação, entre outras) e relativas (a variação visual em função dos outros elementos do mapa). De acordo com Bertin (1967), a variável localização é dominante sobre todas as outras, no sentido de que ela não requer nenhuma atenção focal específica e de acordo com Green (1998) é o único atributo que todo e qualquer módulo visual compartilha, o que faz desta uma variável ótima para que sejam representadas correspondências.

O desempenho em tarefas que requerem conhecimento espacial é afetado tanto por exigências da tarefa quanto pelos recursos cognitivos disponíveis pelo usuário (LLOYD e BUNCH, 2008). Nivala e Sarjakoski (2004) explicam que o problema na leitura de mapas sempre consistiu em quão bem um mapa é percebido e entendido pelo seu usuário. Os autores afirmam que todo momento em que há uma desconexão entre o mapa e o seu usuário e o mesmo precisa olhar na legenda e procurar pelo significado de um determinado símbolo, isto causa uma espécie de interrupção na leitura que, caso ocorra seguidamente, pode causar frustrações ao usuário e levar a uma experiência negativa de uso.

4.2 Mapas, interatividade e visualização

Para Robertson (1994) a interatividade em ambientes digitais tem o poder de não apenas ativar conhecimentos pré-existentes, mas sugere a construção de novos conceitos e informações. A incorporação de níveis de interatividade de forma explícita aos mapas, por meio da popularização destes artefatos em meios

digitais, permite uma espécie de diálogo entre a representação e o usuário, tornando-se o usuário um agente ativo na criação e representação das informações. Ao modelo clássico de comunicação cartográfica, foi acrescentado uma espécie de “*retorno*” a este processo, com o usuário podendo alterar boa parte dos elementos cartográficos, permitindo um número quase infinito de possibilidades na representação, cada uma delas com potencial para alterar modelos mentais e construir conhecimento (EDSALL *et al.* 2008).

MacEachren e Kraak (2001), por meio da adaptação da abordagem semiológica de Bertin (1967) à definição de contextos cognitivos, funcionais e sociais dos mapas, sugerem que alguns tipos de interatividade são inerentemente mais poderosos que outros, dentro da temática das representações espaciais. As distinções entre atividades como foco, associação e arranjo de vistas como poderosas implementações da interação entre usuários e mapas destacam o uso da informação geográfica, o que sugere a existência de uma coleção de usos interativos, variando de baixa até alta interatividade. Como exemplo, MacEachren (1994) cita que mapas do tipo “você está aqui” são exemplos de baixa interatividade, enquanto mapas colaborativos usados por cientistas em ambientes virtuais para exploração são exemplos de alta interatividade.

Roth (2009) aponta que a pesquisa em interação, no que diz respeito à Cartografia, começou a partir das necessidades da área da geovisualização, um esforço de pesquisa cujo escopo ultrapassa o projeto e uso de mapas, concentrando-se na exploração e descoberta de informações com o apoio destes. Para Edsall *et al.* (2008) o processo de visualização cartográfica é caracterizado pelo uso de representações altamente interativas, projetadas de forma a revelar características ainda não reveladas de um conjunto de dados, bem como promover *insights* acerca do fenômeno mapeado. Para MacEachren *et al.* (2004), neste processo o humano e a máquina interagem continuamente como maneira de transformar e selecionar, para buscar por padrões e relacionamentos.

A chamada geovisualização surgiu a partir da junção de conhecimentos da visualização científica (e seu problema básico de pesquisa, a criação de métodos para revelar o desconhecido), da análise de dados exploratória

(especialmente com relação aos métodos estatísticos utilizados para a análise de dados) e da própria Cartografia e os primeiros estudos acerca de visualização cartográfica. Segundo MacEachren e Kraak (2001), o objetivo da pesquisa nesta área é buscar por teorias, métodos e ferramentas para a exploração, análise, síntese e apresentação de dados espaciais. O trabalho de Dibiase (1990) é apontado por North (2009), como a inspiração básica para que a geovisualização se desenvolvesse enquanto campo de pesquisa. Dibiase apresentou um diagrama composto por quatro etapas para a pesquisa científica que foi adaptado como modelo para o uso de mapas por MacEachren (1994) (FIGURA 7).

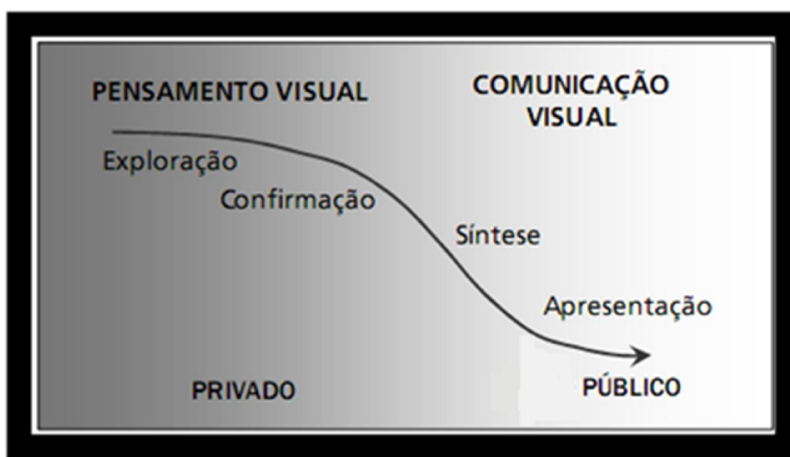


FIGURA 7 – MODELO DE PESQUISA CIENTÍFICA EM VISUALIZAÇÃO (DIBIASE, 1990)

FONTE: Traduzido de MACEACHREN (1994)

O trabalho de Dibiase (1990) cita quatro etapas, a saber:

- a) Exploração: diz respeito ao exame dos dados, a partir de múltiplas perspectivas para identificar problemas de pesquisa e gerar hipóteses;
- b) Confirmação: consiste em testar as hipóteses formalmente para responder aos problemas de pesquisa;
- c) Síntese: consiste em sumarizar e integrar os *insights* gerados a partir de múltiplas iterações dos estágios anteriores, de forma a desenvolver uma solução final para o problema de pesquisa;

d) Apresentação: consiste em comunicar a solução descoberta para um público mais amplo.

De acordo com North (2009), a Cartografia e outras ciências de natureza visual concentravam, à época do trabalho de Dibiase, seus estudos na comunicação visual (síntese e apresentação) de fatos conhecidos, para públicos amplos. A associação com a visualização científica e a análise exploratória de dados gerou então os conceitos para a exploração e a confirmação neste modelo, que adaptou tanto os métodos estatísticos tradicionais quanto os métodos da análise exploratória de dados para a etapa de confirmação, enquanto que os métodos de exploração e raciocínio advindos da visualização científica originaram o conceito de exploração. Na analogia com a Cartografia, um cientista que esteja analisando um conjunto de dados terá uma menor quantidade de mapas possíveis, conforme avance da etapa de exploração até a apresentação, partindo de um valor infinito de representações até um número mínimo, que corresponde ao “mapa final”, que será apresentado aos seus usuários.

O modelo de Dibiase foi a base para o modelo proposto por MacEachren (1994) para os usos de mapas, o “Cartografia ao cubo”, que sumariza o diagrama na forma de um cubo. Nele, há 3 eixos que sumarizam os possíveis usos para os mapas: o primeiro o eixo vai de “revelar o desconhecido” até “apresentar o que é conhecido”; o segundo eixo parte do “uso privado” até o “uso público”; o terceiro eixo parte de uma “baixa interação usuário-mapa” até uma “alta interação usuário-mapa”. No centro do cubo estaria o diagrama de Dibiase. Assim, este modelo procura dar suporte às teorias de geovisualização, ao mesmo tempo em que reafirma a importância da interação para processos que vão além da mera apresentação de dados conhecidos.

Crampton (2002) define que a interatividade em sistemas para geovisualização consiste em um sistema que muda a tela de apresentação de dados em resposta à manipulação do usuário. O tempo de resposta para este tipo de sistema deve ser curto (menos que 1 segundo) para que se mantenha o senso de interatividade em tempo real, e este aspecto é considerado um componente

crítico. A entrada de dados pode ser feita por meio de usuários únicos e múltiplos, no mesmo sistema e a tela pode mostrar vistas simples e múltiplas. De acordo com Edsall *et al.* (2008), as técnicas de *design* para exploração de dados devem levar em consideração dois aspectos principais: em primeiro lugar, a interação deve permitir ao ambiente compensar as deficiências intrínsecas das representações projetadas para os ecrãs computacionais, das quais podemos citar a tela bidimensional, com resolução e tamanhos limitados e aspectos inerentes ao projeto cartográfico (como as escolhas de símbolos e técnicas de generalização aplicadas) como possíveis limitadores para a atividade de exploração de dados. Em segundo lugar, a interação deve auxiliar na descoberta de padrões não-óbvios acerca dos dados, de forma que alguns padrões e relacionamentos são visíveis apenas após muitos processos de manipulação por tentativa e erro.

Interfaces cartográficas possuem um potencial inegavelmente superior em relação às representações analógicas: o de conceder aos seus usuários o privilégio da interação em níveis profundos, como na mudança de simbologia ou da base utilizada em um simples clique. Por este motivo Roth (2009) julga necessária a proposição de um modelo para a interação cartográfica (FIGURA 8), no qual esta pode ser conceituada em múltiplas granularidades e níveis de interação. Porém, é importante frisar que mesmo o mais poderoso sistema para visualização cartográfica possui boa parte de suas funcionalidades implementadas a partir de analogias para o uso de mapas em papel que, de fato, também possuem graus de interação, intrínsecos ao seu uso.



FIGURA 8 – MODELO DE INTERAÇÃO CARTOGRÁFICA
 FONTE: Traduzido de ROTH (2009)

No nível mais alto de interação estão as metas dos usuários. Estas determinam o uso da informação geográfica e dos mapas interativos. No contexto da geovisualização, estas metas estão frequentemente em aberto ou fracamente definidas, e podem surgir conforme o usuário interaja com o mapa. No nível abaixo, existem os objetivos do usuário, definidos como tarefas que o mesmo deve completar para atingir uma meta. Estes objetivos podem ser imaginados como a intenção do usuário de usar uma funcionalidade específica da interface e constituem-se na entrada cognitiva para o processo interativo. Em um nível abaixo existem os operadores, que são as ferramentas pelas quais as interações são possíveis e que podem ser de vários tipos, de acordo com a natureza da interface. O *designer* da interação deve ser responsável por garantir que estes operadores estão em consonância com os objetivos do usuário.

O nível mais baixo, considerando a conceituação da interação cartográfica ocorre em termos de dispositivos de entrada. Neste nível o foco é a exigência física do usuário, requerida para a manipulação dos operadores na interface. Para

o *designer* da interação, este nível usualmente é pensado somente em termos de avaliação. Por fim, o último aspecto a ser considerado na interação cartográfica são os operandos. Estes consistem no recipiente da interação cartográfica, aquilo que o usuário está interagindo, ou seja, a própria informação geográfica, que se encontra em um nível diferente da granularidade da interação, sendo um fator mais genérico dentro da experiência interativa. O projeto de uma interface deve considerar que o operando é necessário para que se forneça *retorno* para o usuário sobre como ocorreram mudanças no operando, desencadeadas pela interação. Os golfos apresentados no modelo são as ausências de correspondência entre os níveis indicados e devem ser minimizados igualmente, de forma a garantir o sucesso da interação.

Criticamente, pode-se afirmar que o modelo proposto por Roth (2009) peca pela hierarquização, que torna o modelo mais semelhante a um ciclo de vida do que a um modelo cognitivo. Por consequência, ao supervalorizar metas, o autor incorre na ideia de que a interação em mapas tem como aspecto primordial o estabelecimento de objetivos, quando este artifício, por mais que seja útil no contexto da avaliação, subestima a apropriação do usuário. Adicionalmente, em determinadas situações a qual não se tem o domínio conciso dos objetivos do usuário, torna-se impossível ao designer garantir que as ferramentas-operadores sejam efetivas.

4.3 Pesquisas em cognição

A pesquisa em cognição acerca do espaço e da localização tem se focado em várias questões. Como aponta Montello (2005), estas questões estão relacionadas às respostas de sistemas sensoriais que lidam com a informação espacial, com o desenvolvimento do conhecimento espacial, com a acurácia e precisão do conhecimento de distâncias e direções, com a linguagem espacial, com as estruturas cognitivas e processos usados durante a navegação, bem

como com os aspectos cognitivos e perceptivos na Cartografia e nos Sistemas de Informação Geográfica.

Falchetta (2006) afirma que os procedimentos perceptivos e cognitivos que surgem no processo de leitura de mapas tornam possível para o usuário reconhecer um aspecto genérico do mapa que seja familiar ao mesmo e então concentrar-se na leitura do mapa em detalhes. Porém, o fato desta possibilidade existir está relacionado ao processo de tentativa e erro que envolve o processo de determinar as relações entre a parte e o todo e entre as partes individualmente, processo este que envolve uma série de comparações entre uma vista do todo e de uma seção detalhada do mapa. Assim, a estrutura é de ordem perceptiva, e torna possível a leitura cognitiva do mapa.

Segundo Montello (2005) um dos conceitos mais básicos da pesquisa na área é o conceito de mapa cognitivo, que foi introduzido em 1948 por Edwald Tolman. Este mapa seria uma representação mental, ou um conjunto de representações, do leiaute espacial do ambiente. O mapa consistiria em um processo, por sua vez formado por transformações de ordem psicológica pelas quais uma pessoa adquire, guarda, recorda e decifra informações sobre localizações e atributos de fenômenos do seu ambiente. Assim, um mapa físico serviria como uma metáfora para o conhecimento espacial e ambiental.

Em qualquer pesquisa de base cognitivista, qualquer que seja o domínio, deve haver uma caracterização dos processos e das estruturas de conhecimento envolvidos neste domínio. Para o caso da pesquisa em cognição para mapas, procura-se responder questões como: “Qual a natureza do conhecimento que resulta da exposição e uso de mapas?”; “Como devem ser caracterizadas a forma e a estrutura deste conhecimento?”; “Que processos cognitivos, como a codificação ou a manipulação de imagens, apóiam o direcionamento deste conhecimento durante o seu uso na navegação?” (MONTELLO, 2005).

Ainda Montello (2005) afirma que um dos mais interessantes resultados de pesquisas cognitivas é a demonstração de que o conhecimento espacial não é meramente armazenado como um “mapa na cabeça”, que pode então ser lido. Existem distorções sistemáticas neste conhecimento espacial, de forma que o

mapa cognitivo possui falhas: é mais comprimido ou aumentado em algumas áreas, pode falhar na conservação de informações métricas e mostra efeitos regularizadores. O conhecimento espacial é organizado em múltiplos formatos, não apenas visuais, que incluem ainda estruturas matemáticas e linguísticas, como heurísticas. Estas são usadas para organizar o conhecimento, provavelmente por diminuírem a carga de memória usada e por dar suporte a estratégias de resolução de problemas.

Outros exemplos de descoberta baseadas em teorias e experimentações cognitivas, aplicadas a interfaces interativas em geral, são sumarizados por Albers (2009). O autor afirma, por exemplo, que projetos que fazem com que uma pessoa trabalhe mentalmente mais frequentemente fracassam devido à forma que a mente humana processa a informação e resiste a elevadas cargas mentais. Isto ocorre porque as pessoas que são expostas a uma sobrecarga cognitiva espalham sua carga de trabalho mental, de forma a manter níveis baixos desta.

Outro aspecto citado por Albers (2009) consiste no fato de que as pessoas ajustam sua análise para que se adapte àquilo que lhe é apresentado. Mais que transpor a informação mentalmente para uma forma mais bem adaptada para entender a situação, as pessoas ajustarão a maneira como veem e interpretam a informação para se adequar ao que está apresentado, mesmo que isso implique em menor eficiência. O autor ainda continua, citando estudos que afirmam que se as pessoas não conseguem entender uma informação ou não conseguem ver como esta pode ser relevante, a informação é descartada, mesmo que achem que ela possa ser importante. Ainda Albers (2009) afirma que as pessoas fazem avaliações baseadas na ordem em que recebem a informação e que dão uma prioridade mais baixa para as informações que não estão vendo.

4.3.1 Cognição e mappings

Preece *et al.* (1994) aborda, dentro dos princípios cognitivos aplicados ao projeto de interfaces, o conceito de *mapping*¹³. Para Oulasvirta *et al.* (2005), utilizando-se uma perspectiva psicológica, o desafio cognitivo para usuários de mapas é construir uma representação mental adequada do processo de *mapping*, numa relação biunívoca entre os espaços digitais e físicos. Assim estes autores, analisam as estratégias pensadas por pessoas no ato da utilização de mapas em dispositivos móveis, e propõem um modelo conceitual que procura explicar as estratégias usadas por usuários na resolução de problemas de ordem espacial, usando estas interfaces. Segundo os autores, no que diz respeito a dispositivos móveis, o maior desafio não é efetuar a correspondência entre as pistas percebidas e as descrições de alvos, mas sim interagir com os dois espaços, de forma a alcançar uma posição em que as pistas possam ser associadas em primeiro lugar. Estas pistas são consideradas pelos autores como o “átomo” cognitivo para a resolução do problema de *mapping*, e se refere a uma entidade perceptiva que é intencionalmente usada no processo mental de *mapping*, com o objetivo de construir um modelo de referência entre os dois espaços. Exemplos de pistas são pontos de referência (estátuas, prédios, suas formas, detalhes visuais); estradas (formas, tipos), interseções, distâncias e topologias.

O modelo proposto por Oulasvirta *et al.* (2005) (FIGURA 9) envolve dois *loops* de ação-mudança-percepção, chamados de reestruturação de hipótese e de ação de busca. O primeiro envolve adquirir uma descrição do alvo através do agir perceptivo, objetivando a extração de uma pista (por exemplo, notar que um prédio é o mais baixo de todos requer que se preste atenção nos outros prédios também). O segundo envolve a seleção de uma estratégia para procurar por classes de pistas (como cores ou o formato de terraços), agindo de forma a se

13 Como citado no item 3 desta tese.

recolocar no ambiente, percebendo o novo estado para combinar se ele envolve uma associação para a descrição alvo e assim sucessivamente.

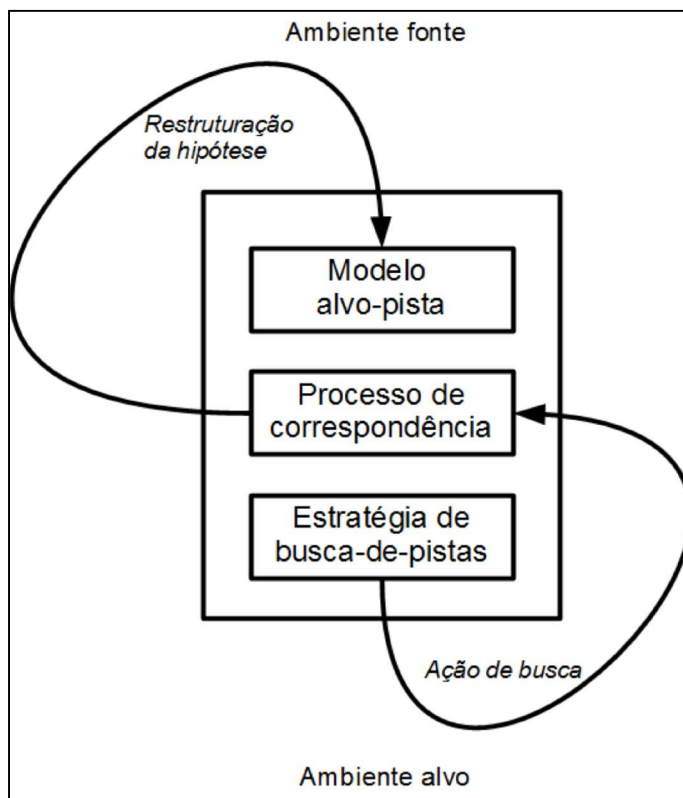


FIGURA 9 – MODELO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM PROCESSOS COGNITIVO-INTERATIVOS NA ORIENTAÇÃO USANDO MAPAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

FONTE: Traduzido de OUSLAVIRTA *et al.* (2005)

No início de uma interação, uma atividade de resolução de problemas, segundo Ouslavirta *et al.* (2005), o usuário deve construir o *mapping* pela execução de operações motor-visuais e mentais, baseadas e efetuadas nos dois espaços. A estrutura cognitiva para a busca de pistas é composta por duas partes: a descrição da classe de pistas que estão sendo procuradas (por exemplo, a cor amarela) e a estratégia para interação, de forma a trazer estas partes do ambiente visíveis para o processo de correspondência. Assim, quando esta estratégia é modificada, não apenas o tipo de pistas, mas a estratégia de interação é modificada, o que implica no fato de que se um mapa apoia o uso de

algumas pistas em detrimento de outras (como pela escolha de simbologia ou por características dos controles de navegação), também deve apoiar a interação para que se achem estas pistas mais facilmente. Quando a estratégia de busca-de-pistas não produz correspondências satisfatórias, ela deve ser modificada, o que desencadeia o processo de reestruturação de hipóteses. No início da interação um modelo-de-pistas é programado para a estrutura cognitiva, o que direciona a ação de busca.

Ouslavirta *et al.* (2005) afirmam que em dispositivos móveis, a menos que o usuário seja altamente experiente com o ambiente (físico ou digital), os resultados das transformações no processo de resolução de problemas deve ser tanto produzido quando mantido na memória de curto-prazo. Adicionalmente a esta restrição, existem duas razões pelas quais se assume que o esforço de um usuário para resolver o problema de *mapping* será sempre mínimo: o motivo relativo ao contexto e suas exigências e o motivo relativo à motivação, uma vez que o processo é apenas uma condição necessária a, e não o único objetivo ou desenlace final da ação.

4.3.2 Contexto em mapas para dispositivos móveis

Pelo entendimento da usabilidade como teoria de análise de interação, é possível afirmar que o uso de mapas em dispositivos móveis é dependente da interação entre usuário e o mapa (dispositivo e mapa) e da visualização da informação geográfica em si. Looije *et al.* (2007) afirmam que os desafios para a usabilidade de interfaces nestes dispositivos são em maior ou menor grau dependentes de fatores tecnológicos, ambientais e sociais. Para Crampton (2002), como o contexto na qual a informação aparece é fator crítico para a análise e em sistemas interativos faz-se primordial que este possa ser manipulado. Isto porque as conclusões acerca de dados analisados são muito afetadas pelo contexto, uma vez que em diferentes contextos os mesmos dados

podem ser apresentados de forma diferente. Nivala e Sarjakoski (2004) apontam a necessidade do estudo da consciência do contexto associado aos mapas em dispositivos móveis, uma vez que o mapa é sempre fortemente relacionado a situações de uso onde o usuário tenta achar seu caminho e localização em um ambiente pouco familiar. Além da localização do usuário, existem vários outros elementos de contexto considerados relevantes (FIGURA 10) na utilização de mapas em dispositivos móveis.

O contexto circundante definido por vários elementos define que tipo de mapa o usuário quer e precisa. Nivala e Sarjakoski (2004) explicitam que o usuário não deve sentir-se frustrado ou incapaz quando estiver tentando compreender o que o mapa lhe mostra. Ao mesmo tempo, o usuário precisa de mapas em várias escalas, e estes devem apresentar informações de forma compreensível e em vários formatos, para os mais variados tipos de dispositivos. Até mesmo uma pequena mudança no conteúdo do mapa e a adaptação aos contextos circundantes podem melhorar a usabilidade do mesmo, aumentando a satisfação do usuário, prevenindo interrupções desnecessárias.

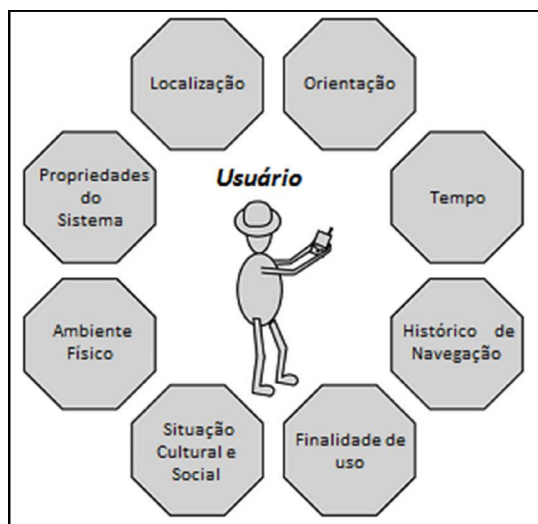


FIGURA 10 – ELEMENTOS PARA O CONTEXTO DO USUÁRIO DE MAPAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS
 FONTE: SARJAKOSKI *et al.* 2004

4.3.3 Pesquisa em ferramentas para navegação em interfaces

Uma das áreas de pesquisa que tem ocupado lugar de destaque dentro da Cartografia nos últimos anos é a área que estuda questões acerca de usos e usuários de mapas. Uma vez que o conceito de mapa hoje agrega a interatividade e todas as questões acerca das interfaces, é de se esperar que muitos métodos e pesquisas advindos da IHC sejam incorporados às pesquisas desta área. A Cartografia deve passar a estudar paradigmas já existentes e entender como estas ferramentas podem ser analisadas sob a ótica de dados espaciais. Para esta pesquisa, considera-se importante sumarizar o estado da arte na análise da usabilidade e cognição envolvidas nos processos de navegação em tela, uma vez que as funções de navegação são parte central dos mapas multimídia e consideradas ferramentas essenciais para que se possa aproveitar os benefícios que as novas mídias tem a oferecer aos mapas (MILLER, 2007).

Cockburn e Savage (2003) explicam que as ferramentas de *zoom* e *pan* surgiram para que se pudesse efetuar a navegação em espaços de informação que são grandes demais para serem convenientemente apresentados em uma única janela. Harrower e Sheesley (2005) apontam que, na busca por interfaces naturais e usáveis, a pesquisa em ferramentas de deslocamento (*panning*) e aumento e redução de escala (*zoom*) é um elemento básico. Porém os autores indicam que existem pelo menos dois problemas acerca desta abordagem. Primeiramente, não existe uma solução única para o mais eficiente e eficaz método para a implementação das ferramentas de navegação, e a melhor solução depende de fatores relacionados ao uso e às características do usuário.

Uma vez que o uso destas ferramentas é comum em vários tipos de programas que usam informações visuais, é provável que existam vícios de uso que prejudiquem a avaliação da qualidade dos métodos existentes e a propor. Isto porque o usuário provavelmente se sentirá mais natural com mecanismos os quais ele já está acostumado, mesmo que a solução destes mecanismos não seja, do ponto de vista de usabilidade, a melhor opção. As soluções tradicionais,

que não utilizam um projeto que considere a abordagem centrada ao usuário como primordial, já estão no mercado, estabelecidas há muito tempo (HARROWER e SHEESLEY, 2005). Talvez estas soluções sejam restrições à maneira como as pessoas pensam e trabalham, bem como tenham influência naquilo que MacEachren (1995) chama de conotação dos mapas, neste caso aplicando-se o conceito às interfaces cartográficas e em como as pessoas acreditam que elas devam ser.

Harrower e Sheesley (2005) afirmam que cartógrafos devem considerar a incorporação de funções de navegação em qualquer sistema de mapas dinâmicos devido ao fato de ser um tipo de função bastante difundida e entendida, além de encorajar potencialmente a exploração – especialmente se a mudança de escala é implementada com uma técnica que faz com que os detalhes apareçam a medida que o usuário aumenta a escala (chamada de *zoom* semântico). Além disso, estas ferramentas proporcionam uma forma de superar as limitações de resolução em tela bem como permitem ao usuário posicionar o mapa de acordo com as suas necessidades. Estes autores apresentaram um *framework* para avaliação de ferramentas de *pan* e *zoom* em aplicativos usados na visualização de mapas. Este modelo é baseado em dois critérios gerais: a funcionalidade, que consiste em saber a potencialidade da ferramenta; e a eficiência, relacionada a quão bem esta ferramenta pode dar apoio à realização de tarefas usando a interface. Os critérios são apresentados abaixo, considerando os itens “e” e “f” como critérios de eficiência, e o restante como critérios de funcionalidade:

a) Tipo de navegação: sequencial *versus* não-sequencial. Este critério está relacionado ao uso de níveis para escolha de *zoom*. Na FIGURA 11, utilizando-se a navegação sequencial, o usuário seria forçado a clicar no botão “+” para que pudesse efetuar uma ampliação da escala “A” para a escala identificada pelo ponto “B”. Com uma navegação não-sequencial, o usuário, para mudar a escala do mapa, precisaria clicar no nível desejado (ponto B na barra);

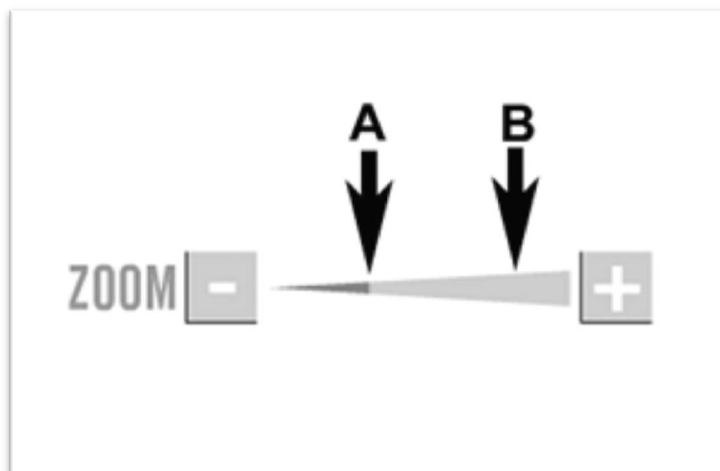


FIGURA 11 – BARRA DE ZOOM
 FONTE: HARROWER e SHEESLEY (2005)

b) Precisão. Este critério está relacionado à navegação definida pelo sistema, com níveis de *zoom* pré-determinados e opções de direções para deslocamento (FIGURA 12) ou definida pelo usuário. Os autores argumentam que opções pré-determinadas tendem a ter um efeito negativo para os usuários;

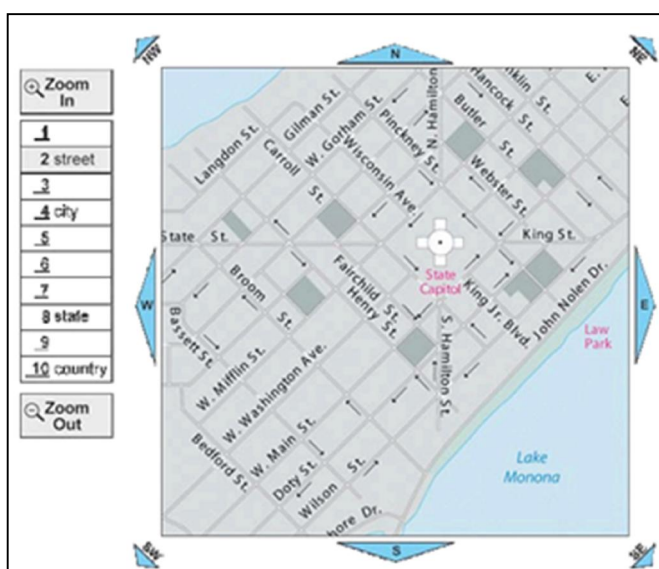


FIGURA 12 – INTERFACE COM NÍVEIS DE ZOOM E DIREÇÕES DE PAN PRÉ-DETERMINADAS
 FONTE: HARROWER e SHEESLEY (2005)

c) Pistas para orientação local e global. Este critério consiste na avaliação de elementos da interface que auxiliem na orientação do usuário. Exemplos seriam os mapas de referência, que mantêm a consciência espacial enquanto o mapa está sendo navegado, ou o uso de históricos de navegação, de forma a evitar que os usuários perca a noção do lugar onde está e permaneçam orientados, especialmente em mapas de grande formato;

d) Manipulação associada em tempo real. Para este critério, deve-se observar a correspondência visual e temporal entre a manipulação dos controles de ponto de vista e a mudança na interface-mapa. Para os autores, o melhor caso – em que há menor grau de frustração – se dá quando ao mesmo tempo em que é realizado o comando há a modificação no mapa. Usualmente não há uma associação em tempo real para estas ferramentas, caso que pode ser exemplificado pelo uso de uma ferramenta de *zoom* em uma interface gráfica (GUI) que efetivamente só executa a mudança no mapa (amplia ou reduz a escala) após ocorrer a liberação do botão do *mouse*;

e) Carga de trabalho da interface. A carga mental, física e cognitiva empregada pelo usuário no uso da interface;

f) Proporção entre informação e a interface. Os autores argumentam que uma interface cartográfica pode ser avaliada quanto a sua eficiência pela relação entre a área ocupada pela interface-mapa e a área ocupada pelas funcionalidades do restante da interface.

Jones *et al* (2005) apresentam uma técnica que combina *zoom* e a rolagem de tela na mesma operação, para dispositivo com tela sensível ao toque (FIGURA 13). Os parâmetros para o controle da escala e rolagem são dependentes do quanto os usuários arrastam o ponteiro por sobre a tela, em relação à posição de início. Uma avaliação experimental indicou que a técnica reduz a carga de trabalho física no processo de navegação, em relação a uma técnica tradicional baseada no uso de barras de rolagem e botões para *pan* e *zoom*.

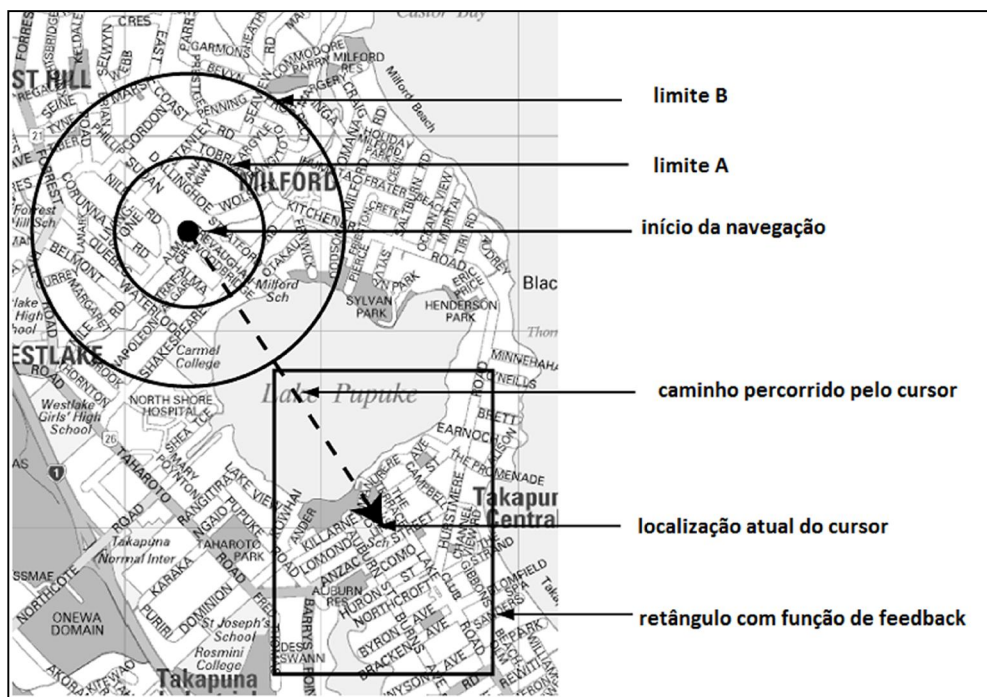


FIGURA 13 – FUNCIONAMENTO DE FERRAMENTA ZOOM E PAN INTEGRADAS

FONTE: JONES *et al.* (2005)

You *et al.* (2007), a partir de testes de usabilidade aplicados em interfaces cartográficas interativas, compararam os dois tipos mais comuns de design para ferramentas de *zoom*. Os autores descobriram que, para operações de ampliação/redução de escala, em geral a utilização de uma ferramenta com um design que execute a operação de ampliação ou redução no ponto central da vista atual é mais eficiente que a ferramenta de *zoom* com o uso de retângulo envolvente, além de ser a preferida pelos usuários no que diz respeito à correspondência entre o significado do ícone e a operação. Entretanto, os autores afirmam que a operação de *zoom* com o uso de retângulo envolvente é mais eficiente no que diz respeito à compatibilidade das direções dos movimentos entre o mapa e a cognição mental do usuário. Assim, o design por ponto de vista, em que o usuário clica em um botão para ampliar ou reduzir a escala, e o processo ocorre tendo como origem o ponto de vista atual da visualização é desejável para proporcionar buscas mais rápidas enquanto que o método que utiliza um

retângulo envolvente dá ao usuário uma maneira intuitiva de efetuar a operação. Os autores também apresentam sugestões de boas práticas para a interface de mapas interativos:

- a) De forma a ajudar os usuários a obterem o modelo conceitual de *panning* como movimento de *frames*, a imagem a ser movida (*frame*) pode ser destacada.
- b) Em consonância com a lei de Fitt¹⁴, os botões de *pan*, distribuídos pela interface podem ser aumentados em termos de largura e comprimento, para um melhor acesso, além do arranjo dos botões na interface poder ser ajustado de forma a diminuir as distâncias percorridas pelo cursor.
- c) O *status* da função em uso deve ser mostrado, pela mudança do cursor ou por meio de mensagens na tela, especialmente para funções padrão ou contínuas.

Para o caso dos mapas de referência, Burigat e Chirtato (2007) citam técnicas como a “*large focus-display*”, onde o mapa de referência é uma versão em pequena escala do mapa que destaca a região atualmente mostrada como um visor retangular (FIGURA 14). Os usuários podem então arrastar e redimensionar o visor para executar o deslocamento do ponto de vista e a ampliação e redução da escala. Além de, por meio do exame do tamanho e posição do foco, os usuários estarem aptos a derivar informações úteis para o processo de navegação, como a proporção de escala entre a porção mostrada e o mapa inteiro. Os autores, porém, citam que, mesmo com essas vantagens, um mapa de referência implementado com esta técnica irá esconder partes do mapa principal.

Nekravoski *et al.* (2006) realizaram um experimento comparando o desempenho de técnicas de navegação e ampliação/redução de escala apoiadas pelo uso de “mapas” de referência com técnicas de navegação que usam o

14 A lei de Fitt foi proposta por Paul Fitts em 1954 e consiste em um modelo de movimento humano em uma interação que afirma que o tempo requerido para mover um ponteiro em uma tela a uma área de interesse (alvo) pode ser calculado em função da distância e do tamanho do alvo (BENDER, 1999)

paradigma do “foco + contexto”, de forma a avaliar qual das técnicas mais ajuda ao usuário a manter um modelo mental do que está sendo visto em tela com uma representação visual de áreas que estão fora do foco principal da visualização. Os autores indicam que o primeiro método (com uso de “mapas” de referência) proporciona uma navegação mais rápida e demanda menos esforço mental para que haja a recuperação de informações topológicas dos elementos vistos na interface. Além disso, os autores alegam que a presença de uma janela para referência não parece afetar o desempenho e a navegação na representação gráfica.

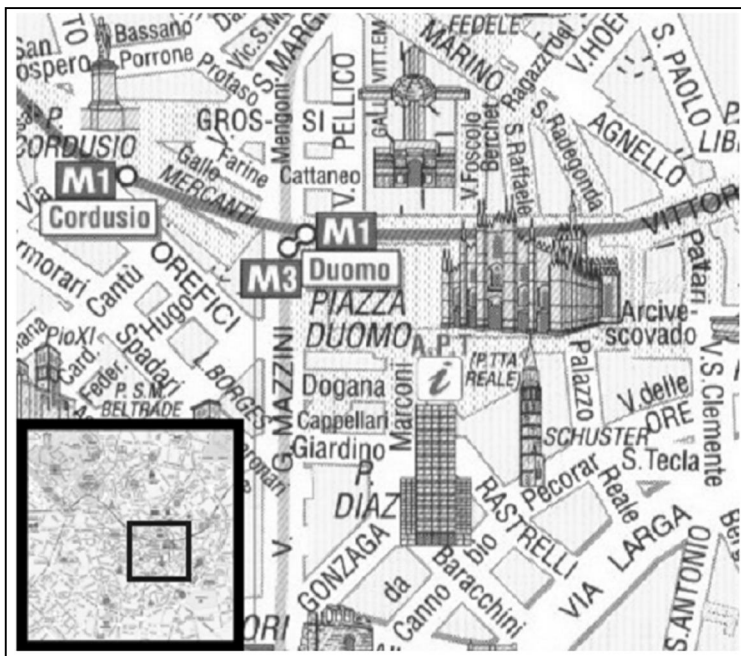


FIGURA 14 – INTERFACE-MAPA COMPOSTA PELO MAPA PRINCIPAL E MAPA DE REFERÊNCIA
 FONTE: BURIGAT e CHIRTATO (2007)

Para o caso de dispositivos móveis, cujas telas possuem um tamanho usualmente menor que outros dispositivos e não oferecem grande espaço para que sejam mostrados mapas, deve-se pensar cuidadosamente na eficiência da ferramenta de deslocamento. Harrower e Sheesley (2005) afirmam que bons sistemas de mapas interativos incorporam múltiplos métodos para ferramentas de

navegação. Como regra geral, os autores indicam que se deve procurar como fim, ferramentas de controle para interfaces que sejam naturais e intuitivas, de forma a melhorar as curvas de aprendizado e aumentar a produtividade de usuários. Porém não existe uma forma melhor para a implementação de ferramentas de *pan* e *zoom*, uma vez que a melhor forma dependerá das características dos usuários e da tarefa que eles executarão.

Cockburn e Savage (2003) atestam que a eficiência de ferramentas de navegação para mapas e textos é dependente do tamanho do espaço de informação na qual o usuário tenta navegar. Looije *et al.* (2007) pesquisaram acerca das formas de interação para ferramentas de navegação em dispositivos móveis que, mesmo que não tenham sido sempre desenvolvidas com vistas à navegação em mapas, podem servir ao propósito de interação nestas representações. Para o caso de dispositivos com tela sensível ao toque, os autores citam várias opções para que se efetuem deslocamentos: 1) por meio do uso do instrumento apontador (dedo ou caneta) movendo-se pela tela, de forma que a tela ou o fundo seja arrastado para a direção do ponteiro; 2) a centralização do ponto de vista se dar pelo lugar onde está o instrumento apontador na tela; 3) movimentação do instrumento apontador em sentido horário ou anti-horário de forma a efetuar a rolagem vertical da tela, podendo o tamanho do movimento se relacionar com a velocidade do deslocamento na tela; 4) usuários podem tocar as bordas da tela, na direção em que eles desejam efetuar o deslocamento; 5) toque e arraste, onde os usuários efetuam um toque na tela e arrastando o cursor ao longo da tela, na direção que eles querem que a imagem seja deslocada; 6) *touch-and-go*, método onde o cursor é colocado na tela em um ponto relativo ao centro da tela. A direção do deslocamento é determinada pelo local do dispositivo apontador com relação ao centro e a velocidade é determinada pela distância entre o instrumento apontador e o centro da tela, quanto mais longe do centro mais rápido o deslocamento

De forma análoga ao deslocamento, a ampliação e redução de escala, é princípio fundamental em dispositivos móveis, uma vez que o seu uso auxilia na estratégia de se minimizar a ausência de espaço útil para a representação

cartográfica. Looije *et al.* (2007) sumarizam as estratégias existentes para a ampliação e redução utilizando-se telas sensíveis ao toque: 1) Definir o ponto central do processo, por meio do clique na tela e, usando um botão, indicar a ampliação ou a redução naquele ponto; 2) ampliação/redução por meio da seleção de um retângulo, em cuja área se dá a operação; 3) ampliação/redução pelo arraste do ponteiro pela tela em espiral.

Nas atuais aplicações para apresentação de dados geográficos, na maior parte do tempo em que os usuários realizam operações de deslocamento e ampliação e redução de escala, o mapa se movimenta de forma irregular ou mesmo não há uma modificação visível. Por isto, Looije *et al.* (2007) recomendam que a transição para o movimento do mapa nessas operações seja realizada da forma mais suave possível, o que aumentará a usabilidade do ambiente, uma vez que os usuários mantêm-se conscientes do que está acontecendo além de ser subjetivamente preferida pelos usuários. Porém, os autores apontam que as soluções para estas funcionalidades são dependentes dos usuários, uma vez que cada usuário parece preferir velocidades diferentes para o processo de deslocamento do ponto de vista ou diferentes formas de interagir com diferentes níveis de detalhe, o que pode estar relacionada ao estado mental do mesmo. Assim, os autores propõem que uma aplicação que implemente estas funcionalidades deve procurar maneiras de se adaptar ao sistema, ao usuário, à tarefa e ao ambiente.

4.4 Resumo

No presente capítulo foram analisados aspectos importantes acerca da pesquisa na área de Cartografia, bem como a visão da interação dentro da abordagem contemporânea do estudo dos mapas e seus usos e usuários. Pesquisas com enfoque cognitivista procuram elencar e detalhar a maneira como se dá a interação de usuários com as representações cartográficas além de suas principais técnicas e estratégias. Também se procurou abordar a pesquisa acerca de funcionalidades de navegação e referência em interfaces cartográficas e suas possibilidades de interação, de forma a entender o papel destas na eficácia e eficiência do uso de mapas.

5. FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DE INTERFACES

Norman (2000) afirma que para que se avalie qualquer interface deve-se procurar a comparação com aquele que deveria ser o objetivo da interface perfeita: torná-la invisível, escondida sob a superfície, de maneira que somente a tarefa seja visível. Em outras palavras, um sistema bem avaliado deve facilitar a interação, tornando a interface transparente para seus usuários e direcionando a atenção destes para os fins e não aos meios. Isto porque as pessoas em geral não usarão algoritmos, funções, rotinas, estruturas de dados para os seus trabalhos, por mais que talvez as decisões que irão tomar tenham íntima relação com estes conceitos. No seu trabalho diário com computadores e dispositivos, as pessoas apertam botões, digitam coisas, manipulam controles, escolhem opções em listas.

A ideia que a interface deve ser a ilusão que mascara as operações que ocorrem em um sistema foi a base para o surgimento do conceito de usabilidade (NIELSEN, 1993). A usabilidade é uma forma de se medir a qualidade de uma interface, quantificando-se quão fácil para um usuário é usá-la. A engenharia de usabilidade proposta por Nielsen abrange o escopo de uma série de métodos aplicados ao projeto de interfaces para melhorar o uso das mesmas. Para definir os parâmetros para avaliação de interfaces, a usabilidade faz uso de componentes, que são características da interface a serem quantificadas. Estes componentes são: a capacidade de se fazer usar, relacionada à curva de aprendizado da interface para seus usuários; a eficiência, relacionada à rapidez com que usuários podem executar tarefas com a interface; a memorização, relacionada à capacidade que a interface tem de permanecer na memória daqueles que a utilizam; os erros, que estão relacionados aos erros que a interface provoca aos seus usuários, quão severos são e como o sistema proporciona a possibilidade de que tais erros sejam superados; a satisfação, relacionada à quão agradável é para os usuários a utilização de uma interface.

Assim, como tornar um sistema útil e aceitável para as pessoas que vão usá-lo? Esta preocupação também vale para sistemas que trabalham com dados de natureza espacial e com a visualização de mapas. Torná-los úteis para o seu público alvo é um problema de projeto e da avaliação da interface, com uma aplicação extremamente particular. Este tipo de avaliação não pode ser meramente considerado um problema de engenharia, com soluções exatas, que usualmente eliminam os fatores subjetivos da análise. Estes fatores subjetivos são críticos para que se avalie a usabilidade destes sistemas cartográficos e de informação geográfica.

Dentro do campo da IHC, existem critérios que determinam como pode ser realizada a avaliação do projeto de interfaces. Dentre os mais utilizados está o conjunto baseado em fatores cognitivos. Soares (2000), afirma que a teoria de design cognitivo está baseada na ideia de que o mecanismo de raciocínio humano é organizado por meio de um “algoritmo” complexo, em que nossas ações, reações, aprendizados e pensamentos estão estruturados. Dentro desta abordagem, acredita-se que, no processo de interação, o usuário realiza interpretações e relaciona aquilo que vê com seus aspectos mentais. A partir do que processa o seu sistema cognitivo, há a formulação de uma solução (PREECE *et al.* 1994). Chalmers (2003) explica que se pode assumir, para que se use qualquer informação num computador, que as pessoas incorporam o conhecimento em sua cognição, ou seja, devem aprender tal informação, além de retê-la, caso esta venha a ser usada.

As abordagens para avaliação de interfaces procuram, em sua maior parte, basear-se em elementos acerca da atividade a ser realizada com a interface e sua relação com os seus usuários, muito por conta da influência das abordagens centradas no usuário neste processo. Atualmente, existem diversos trabalhos que procuram associar a ergonomia e usabilidade de um artefato com diversos fatores, com a proposição de modelos, como ponto de partida para avaliação. Como exemplo, cita-se Hassanein e Head (2003). Estes autores propõem um modelo de usabilidade (FIGURA 15), que incorpora os elementos que influenciam na usabilidade destes sistemas. Estes elementos dizem respeito

a aspectos relativos aos usuários, à tarefa, ao ambiente e a interface, que podem ser classificados em vários tipos, exibir uma variedade de limitações além de exercerem influências entre si e impactar, de uma maneira geral, toda a experiência no uso do dispositivo. É possível, assim, que se pense na avaliação da interface por meio da análise e mensuração destes elementos, preferencialmente em conjunto.

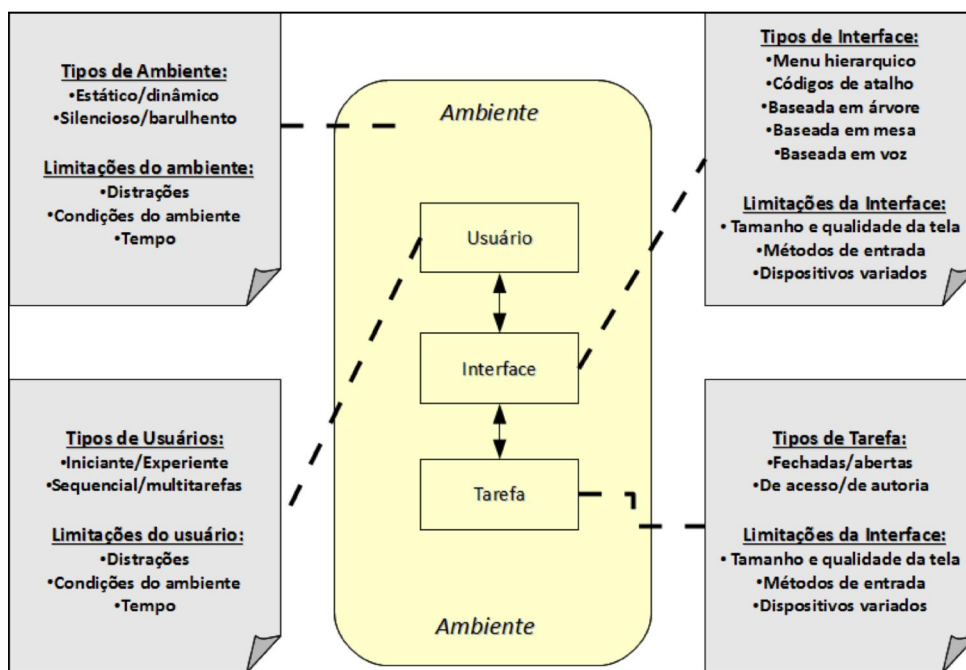


FIGURA 15 – MODELO DE USABILIDADE PARA INTERFACES EM DISPOSITIVOS UBÍQUOS
 FONTE: HASSANEIN e HEAD 2003

Shneiderman (1998) aponta que os aspectos determinantes na avaliação de interfaces são:

- Estágio do projeto;
- “Novidade” do projeto (contrapondo a uma fase de maturidade exploratória);
- Número de usuários esperados;

- Importância crítica da interface (como exemplo, o autor cita que uma interface para um sistema de diagnóstico médico é mais crítica do que a interface para apoio a uma exibição em um museu);
 - Custos do produto e recursos disponíveis;
 - Tempo disponível;
 - Experiência do(s) designer(s) e da equipe de avaliação.

5.1 Análise de Usabilidade

De acordo com Kumar (2005), todo método de avaliação de interfaces possui vantagens e desvantagens. Em especial, o autor determina que as variáveis do usuário sejam analisadas como fatores determinantes na escolha do método. Como exemplo, Brink *et al* (2002), afirmam que variáveis sociais, econômicas e demográficas, como a experiência prévia com produtos de design similar, grau de escolaridade, idade e gênero, podem determinar o uso de questionários, entrevistas ou observação, como métodos apropriados para a avaliação. A norma ISO 9241-11 (1998) estabelece que a usabilidade deve ser avaliada segundo três aspectos distintos, e não correlacionados (FRØKJÆR, 2000):

- Eficácia, que é a acurácia e plenitude com a qual os usuários alcançam certos objetivos. Indicadores incluem a qualidade da solução e taxas de erro;
- Eficiência, que é a relação entre a eficácia e os recursos despendidos para alcançá-la. Indicadores de eficiência incluem o tempo para conclusão de tarefas e o tempo para aprendizado;
- Satisfação, que diz respeito ao conforto do usuário com a interface e as atitudes positivas em relação ao uso do sistema. A preferência subjetiva é um possível indicador para este índice.

De acordo com o modelo proposto por Nielsen (1993) (FIGURA 16), a avaliação de um sistema computacional deve prever o uso de métricas, que são fatores que influenciam no sucesso em geral do sistema, cuja unidade de medida é a aceitabilidade. Estas métricas incluem desde aspectos técnicos como a compatibilidade e os custos, até a aceitabilidade social do sistema, que inclui fatores subjetivos e culturais, passando pela funcionalidade do mesmo. Seffah et al. (2006) indica que as métricas em usabilidade podem ser divididas em dois grandes grupos: as relativas a preferência, que quantificam avaliações subjetivas, preferências em geral e o nível de satisfação dos usuários finais; e as métricas de desempenho, que medem o desempenho atual dos usuários quando executando uma tarefa em um determinado contexto. Estas incluem taxas de acertos, erros, tempo de uso e afins.

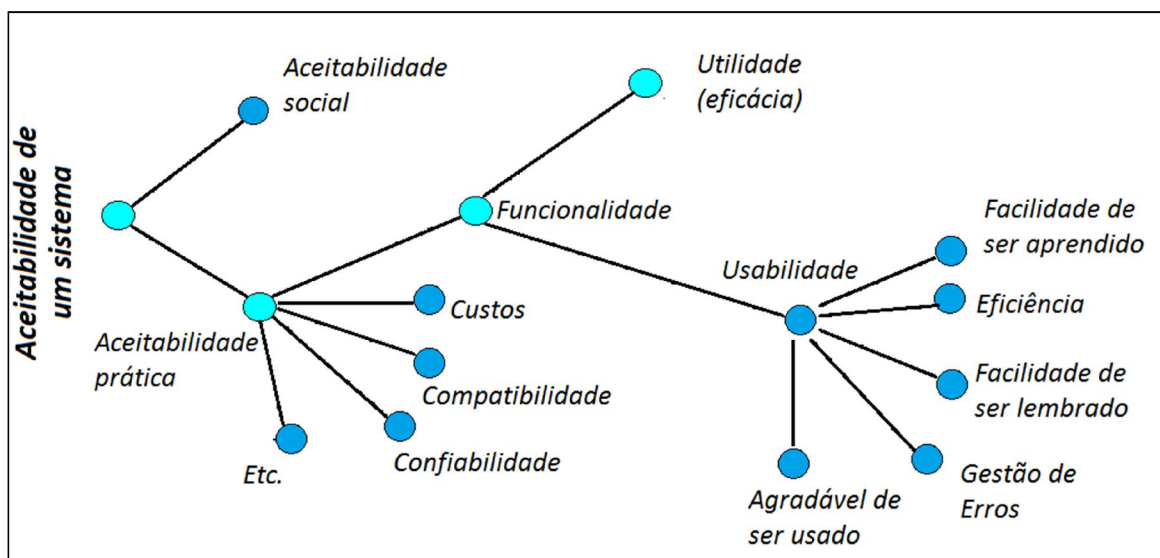


FIGURA 16 – MODELO DE ATRIBUTOS PARA ACEITABILIDADE DE UM SISTEMA
 FONTE: Adaptado de NIELSEN (1993)

Acerca das variáveis subjetivas, faz-se importante citar Norman (2004), que afirma que produtos atrativos fazem com que as pessoas se sintam bem, o que as leva a pensar de forma mais criativa. Isto possivelmente as leva a resultados mais consistentes e eficientes, para qualquer tipo de tarefa executada com o uso do artefato. Assim, é razoável imaginar que se as pessoas não estão

interessadas em algo não se deve esperar um desempenho altamente satisfatório, para quaisquer tarefas relacionadas.

Em geral, além da avaliação dos aspectos cognitivos, os métodos mais comuns estão relacionados com a usabilidade da interface e podem ser divididos em métodos que requerem a presença de usuários e métodos que podem ser realizados sem tais usuários. Os métodos que não requerem a presença do usuário são chamados de inspeções, enquanto os métodos que requerem a presença de usuários são chamados de testes com usuários.

5.1.1 Inspeções

5.1.1.1 Walkthrough Cognitivo

Um *walkthrough* pode ser definido como uma metodologia passo-a-passo para a identificação de algum aspecto de interesse. Stanton *et al* (2005) explica que um *walkthrough* cognitivo utiliza-se de especialistas que, por meio de listas de checagem (*checklists*) e cenários, investigam a usabilidade de uma interface de forma estruturada, com foco na sua capacidade de ser usada e aprendida. Um conjunto de critérios é usado juntamente com as tarefas as quais a interface foi projetada para apoiar, de maneira que o especialista execute as ações que um usuário final do sistema irá realizar, durante o processo de resolução de uma tarefa. Os autores recomendam que o mesmo seja utilizado nos estágios iniciais do ciclo de projeto e que, graças a sua facilidade de aplicação, as descobertas realizadas com este método tendem a ser bastante valiosas para o designer. Como desvantagens estes autores citam, entre outras, a necessidade de validação (especialmente em relação aos usuários reais da interface), as possibilidades de longas sessões durante a execução de tarefas complicadas e a subjetividade das descobertas.

Nielsen (1993) descreve ainda a técnica proposta por Randolph Bias, em 1991, chamada de *walkthrough* pluralístico de usabilidade, na qual o método explicado no parágrafo anterior é executado por usuários representativos da interface, desenvolvedores e especialistas de usabilidade. Os usuários trazem o seu conhecimento acerca do tema de interesse da interface, de forma a compor um mosaico interessante de *backgrounds* para a avaliação.

Souza (2006) explicita que o método de *walkthrough* cognitivo está fortemente ligado às teorias cognitivas da Interação Humano-Computador. Este método pode bem caracterizar quão fácil (ou difícil) é aprender acerca do programa somente por meio da interação com a interface. Esse processo cognitivo (o aprendizado) é equivalente ao processo de “dar sentido a”, que é um processo semiótico. Isto sugere que muitas das descobertas que resultam de um *walkthrough* cognitivo provavelmente possuem um correspondente na chamada avaliação de comunicabilidade. Este método relativo à comunicabilidade diz respeito à qualidade que distingue os sistemas computacionais que comunicam eficientemente e eficazmente aos seus usuários os seus objetivos e princípios interativos. Esta definição procura transferir ao produto a capacidade que de fato é esperada do designer. A avaliação baseada na comunicabilidade começa com o exame dos chamados “*communicative breakdowns*”, que dizem respeito a interrupções no processo de comunicação da interface. A avaliação por comunicabilidade lida com a *semiosis*¹⁵ entre usuário e designer, além do próprio avaliador. Souza (2006) considera que é um instrumento primordial para a reflexão em ações, com a vantagem que as categorias de objetos e fenômenos às quais o método está explicitamente relacionado podem guiar uma reflexão do designer através do espaço de design. No quadro abaixo (QUADRO 1), a autora aponta o alinhamento entre as questões principais consideradas na avaliação pelo método de *walkthrough* cognitivo e pelo método da avaliação de comunicabilidade.

15 De acordo com Souza (2006), o termo refere-se a formas de atividade ou processos que envolvem signos. Umberto Eco descreve o termo semiótica, cunhado por Charles S. Peirce, como a “forma de descrever os modos como um indivíduo significa tudo o que o cerca”.

Questões no <i>walkthrough</i> cognitivo	Categorias de breakdowns na comunicabilidade que correspondem às seguintes tags
A ação correta estará evidente para o usuário? (o usuário saberá o que fazer?)	“E agora ?” “O que é isto?” “Socorro!”
O usuário perceberá que a ação correta está disponível? (os usuários verão as pistas do sistema?)	“Onde está ele?” “O que aconteceu?” “O que é isto?” “Socorro!”
O usuário interpretará a reação do sistema corretamente?	“O que aconteceu?” “O que é isso?” “Socorro!” “Porque não isto?” “Parece bom para mim”

QUADRO 1 – CORRESPONDÊNCIAS ENTRE POTENCIAIS PROBLEMAS EM IHC COM A QUAL LIDAM OS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE WALKTHROUGH COGNITIVO E DE COMUNICABILIDADE
FONTE: SOUZA (2006)

5.1.1.2 Análise Heurística

Segundo Lewis e Rieman (1994) a análise por meio de heurísticas é o que se chama de avaliação por meio de diretrizes. Estas são princípios gerais aplicáveis a uma determinada área de conhecimento. Para que sejam úteis, estes conjuntos de regras devem ser aplicados por um especialista, uma vez que, por serem princípios genéricos, necessitam serem adaptadas ao domínio específico da situação a ser avaliada. Segundo Nielsen e Molich (1990), este método é geralmente definido como um método informal de análise de usabilidade, onde especialistas (especialistas em fatores humanos, projetistas, engenheiros de *software*, entre outros) são apresentados a uma interface e inquiridos a comentá-la, de modo a identificar possíveis falhas no *design*.

Bastien e Scapin (1993) afirmam que este método pode ser mais eficiente que a mera aplicação de diretrizes, uso de *walkthrough* cognitivo ou avaliação baseada no desempenho, tanto em termos de quantidade e importância dos

problemas encontrados, quanto de custo/benefício envolvido. Os autores afirmam que, à época, já havia uma boa quantidade de material disponível para especialistas. Destacam-se aqui os padrões internacionais (como a ISO), os guias para design geral (como SHNEIDERMAN, 1998), guias de estilo (como os publicados nos anos 90 pela Apple) e conjunto de heurísticas (como em NIELSEN, 1993 e NIELSEN e MOLICH, 1990).

Charlton e O'Brien (2008) estruturam o universo de métricas para a avaliação de artefatos utilizando fatores humanos em quatro grandes categorias, cada uma sendo representada em algum grau de forma a fazer os resultados terem sentido e transmiti-los a um público mais amplo. Essa abordagem foi chamada de SITE – Situação, Indivíduos, Tarefas, Efeitos – (QUADRO 3) e procura apoiar o projeto de testes utilizando fatores humanos, dentro de um contexto de atributos da situação, do indivíduo, da tarefa e dos efeitos.

Situação	Indivíduo	Tarefa	Efeito
Quais os elementos relevantes no ambiente, estímulo, eventos de configuração, funções do sistema ou objetivos?	Quem está usando o equipamento ou operando o sistema? Quais suas experiências, habilidades e estados cognitivos de momento?	Como é o equipamento usado e quais os comportamentos ocasionados a partir do uso? (quão difícil, quão rápido, quanto custa?)	Sucesso ou Falha? Satisfação ou desapontamento

QUADRO 2 - ESTRUTURA SITE
FONTE: CHARLTON e O'BRIEN (2008)

Situação	Indivíduo	Tarefa	Efeito
Controles e telas	Fatiga	Tempo de reação	Saída do sistema
Duração do turno e horas de descanso	Carga de trabalho	Tempo de execução	Acurácia do sistema
Modos do sistema e programas	Níveis de habilidade	Acurácia	Satisfação do usuário
Capacidade de habitação e antropometria	Experiência	Sequência	Custo de efetividade
Níveis de lotação	Consciência da situação	Confiabilidade	
Documentação		Repetições	
		Forças aplicadas	

QUADRO 3 – MÉTRICAS DA ESTRUTURA SITE
FONTE: CHARLTON e O'BRIEN (2008)

Para que esta estrutura funcione, deve ser considerado o conjunto completo das métricas em fatores humanos, no planejamento dos testes. Assim, a estrutura SITE possui uma espécie de modelo para as quatro categorias descritas acima, com exemplos das questões que devem ser consideradas na utilização destas categorias (QUADRO 4)

O objetivo da análise baseada na estrutura SITE é identificar parâmetros (QUADRO 4) que possivelmente possam ser unidades de medida para o desempenho do operador, para as características individuais do mesmo e para medidas de situação, que podem ter um impacto significativo no desempenho do sistema como um todo. Estes parâmetros podem incluir o tempo de resposta do operador, o tempo de decisão e as frequências de erro representando vários níveis de complexidade da tarefa. No caso das medidas acerca da situação e do indivíduo, podem-se incluir os resultados de questionários ou listas de checagem, preenchidos pelos usuários. Acerca da situação, incluem-se as avaliações ou medições dos formatos de tela, procedimentos para entrada de dados, documentação do sistema, treinamento, barulho no ambiente, iluminação e quaisquer outras questões relevantes para o desempenho do operador. As características do indivíduo incluem a medição de carga de trabalho, da fadiga, da consciência da situação e os níveis de habilidade. E as medições do desempenho do sistema incluem o rendimento do sistema, taxas de fracasso e outros indicadores chave relacionados com a efetividade do sistema sendo avaliado (CHARLTON e O'BRIEN, 2008).

Efeito	Tarefa	Indivíduo	Situação
<p>O sistema atinge os requerimentos de desempenho?</p> <p>Os usuários estão satisfeitos com o desempenho do sistema?</p>	Quais tarefas do usuário tiveram o maior impacto no desempenho do sistema (ou na satisfação do usuário)?	Quais características do usuário que são afetadas pelo desempenho da tarefa?	Quais as considerações de projeto e condições de ambiente afetam os usuários e o desempenho na tarefa?

QUADRO 4 – ESTRUTURA DA ANÁLISE USANDO O SITE
 FONTE: CHARLTON e O'BRIEN (2008)

Outra abordagem que se utiliza dos chamados fatores humanos é a avaliação por critérios ergonômicos, que também se constitui um tipo de inspeção. Bastien e Scapin (1993) apresentam uma proposição para estes critérios, de forma estruturada (QUADRO 5).

Critérios	Sub-critérios	Segmentos
Condução	Presteza	
	Distinção entre itens	Distinção por formato Distinção por localização
	<i>Retorno</i> imediato	
	Legibilidade	
Carga de Trabalho	Brevidade	Concisão Ações mínimas
	Densidade de informação	
Controle Explícito	Ação explícita do usuário	
	Controle do usuário	
Adaptabilidade	Flexibilidade	
	Experiência do usuário	
Gestão de erros	Proteção contra erros	
	Qualidade das mensagens de erro	
	Correção do erro	
Consistência		
Significado de códigos e denominações		
Compatibilidade		

QUADRO 5 – PROPOSIÇÃO DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA
 FONTE: BASTIEN e SCAPIN (1993)

Para Bastien e Scapin (1994) a proposição de critérios/heurísticas confiáveis e válidos é essencial para: a transferência do conhecimento em fatores humanos para os designers; para a estruturação e treinamento nesta ciência; para o design de formulários para avaliação e organização de relatórios de avaliação; para o design de métricas; para a recuperação de recomendações em bancos de dados de fatores humanos, de forma a possibilitar avaliações baseadas em sistemas computacionais. Porém para atingir este objetivo, duas questões principais devem ser discutidas: (1) quão usáveis são estes conjuntos e

(2) de que maneiras estes diferentes conjuntos de critérios se relacionam com as recomendações já disponíveis. Em comum, todos estes critérios devem ser definidos de forma explícita e consistente, sem ambiguidades.

Assim a proposição de Bastien e Scapin (1993) é uma alternativa às heurísticas de Nielsen e Molich (1990), talvez o conjunto de diretrizes mais citado na literatura de IHC, em conjunto com os “princípios de ouro” de Shneiderman (1998), reproduzidos abaixo:

- 1- Buscar consistência: consistência nas cores, leiaute, fontes, sequência para ações específicas, terminologia e em todos os demais elementos da interface;
- 2- Permitir que os usuários utilizem atalhos: aplica-se à medida em que os usuários aumentam sua experiência com o sistema;
- 3- Oferecer respostas informativas: para cada ação do usuário deve haver um retorno do sistema (*retorno*), permitindo ao usuário ter explícita confirmação de que sua ação teve uma reação;
- 4- Construir diálogos que tenham fechamento: as sequências de ações devem ser organizadas em grupos que possuam início, meio e fim. O *retorno* que o sistema dá a cada grupo de ações traz satisfação, senso de confiança e dá ao usuário uma indicação de que pode se preparar para o próximo grupo de ações;
- 5- Oferecer uma forma de prevenir erros e de como lidar com estes: o projeto do sistema deve ser feito de forma a não permitir que os usuários causem erros graves. Caso o usuário erre, o sistema deve detectar o erro e oferecer instruções simples, efetivas e específicas para a recuperação;
- 6- Permitir que o usuário desfça ações facilmente: tanto quanto possível as ações devem ser reversíveis, o que proporciona tranquilidade e segurança, incentivando o usuário à exploração;
- 7- Apoiar o senso de controle do usuário: à medida que o usuário ganha experiência, maior é o seu desejo de sentir-se no comando do sistema;

- 8- Reduzir a necessidade do acesso à memória de curto prazo: a limitação do ser humano em processar a memória a curto-prazo requer que as telas mantenham-se simples, telas de múltiplas páginas sejam consolidadas, a frequência de movimento nas janelas seja reduzida e que seja designado tempo suficiente de treinamento para aprendizado de códigos, técnicas mnemônicas e sequência de ações.

Sobre as heurísticas de Nielsen e Molich (1990), estes autores propuseram uma pequena lista de heurísticas gerais para interfaces (QUADRO 7), tendo realizado testes para verificar a eficiência do método na avaliação de uma interface. Os autores utilizaram sua própria experiência para identificar nove regras gerais que estavam, implicitamente ou explicitamente, em todas as listas de diretrizes que já houveram sido sugeridas dentro da IHC. Os autores sugeriram também o uso de vários avaliadores, um para cada regra e comprovaram que o procedimento funciona, uma vez que a lista combinada de problemas de uma interface inclui mais problemas que um único avaliador poderia identificar. Nielsen (1993) aponta que, se os avaliadores em um processo de inspeção heurística forem especialistas experientes, cerca de 3 a 5 avaliadores podem identificar todos os principais problemas de uma interface e cerca de 75% do total de problemas são passíveis de serem identificados com este método. Menos de três avaliadores podem ser usados, caso os mesmos sejam especialistas não só em interfaces, mas também ao domínio específico da interface avaliada. Por outro lado, caso os avaliadores não sejam treinados naquela interface ou especialistas na área, podem ser necessários quinze deles para alcançar a mesma percentagem.

Um conjunto de heurísticas é um método que pode ser classificado como um tipo de avaliação por especialistas, método citado por Shneiderman (1998). Segundo este autor, além da avaliação por heurísticas, a avaliação de especialistas pode utilizar-se de métodos de inspeção de consistência, onde se verifica a consistência geral de todos os itens da interface, ou de inspeção

cognitiva, em que o especialista simula o comportamento dos usuários que utilizarão a interface, nas tarefas mais comuns as quais esta se propõe.

Regra	Heurística
Diálogos simples e naturais	Simple significa que não devem existir informações raramente usadas ou irrelevantes. Natural significa uma ordem que corresponde à tarefa
Falar a linguagem do usuário	Usar palavras e conceitos que façam parte do mundo do usuário. Não usar termos específicos
Minimizar a carga de memória do usuário	Não se deve fazer o usuário lembrar de coisas de uma ação para a próxima. Deixar informações na tela até que não sejam mais necessárias
Ser consistente	Usuários devem estar aptos a aprender uma sequência de ação em uma parte do sistema e aplicar isto novamente para ter resultados similares em outros lugares da interface.
Dar retorno	Deixar os usuários saberem que efeito suas ações têm no sistema
Proporcionar saídas claramente identificáveis	Se os usuários entrarem em uma parte do sistema que não lhes interessa, devem poder sair rapidamente, sem nenhum tipo de dano
Proporcionar atalhos	Os atalhos podem ajudar usuários experientes em evitar diálogos longos e mensagens que eles não precisam ler
Boas mensagens de erro	Boas mensagens de erro deixam o usuário saber sobre um problema e como corrigi-lo.
Prevenir erros	Sempre que se planeja uma mensagem de erro, deve-se perguntar: este erro poderia ser evitado?

QUADRO 6 – HEURÍSTICAS PARA O PROJETO DE INTERFACES
FONTE: NIELSEN e MOLICH (1990)

5.1.1.3 Carga de Trabalho

Ainda dentro destas inspeções, a ergonomia cita que existem dois parâmetros principais para se avaliar estados cognitivos. Estes são a carga de trabalho mental e a consciência da situação. Charlton e O'Brien (2008) definem a carga de trabalho mental como a quantidade de recursos cognitivos ou de atenção que são gastos em um dado instante. A consciência da situação pode ser

definida como um conteúdo momentâneo destes recursos, um estado subjetivo que é adquirido pelo objeto (ou objetos) dos recursos de atenção de alguém. Os autores citam que não há um consenso dentro da comunidade científica acerca dos mecanismos cognitivos que são responsáveis pelos estados subjetivos aqui citados, bem como acerca das medições que podem quantificar da melhor forma o nível de carga de trabalho vivenciado ou o grau de consciência da situação que uma pessoa possui.

Existem vários atributos que podem auxiliar na quantificação da carga de trabalho mental. Estes são aplicáveis não somente a esta mensuração, mas também a estados cognitivos em geral. Charlton e O'Brien (2008) descrevem seis destes atributos:

- a) Sensitividade, que é a habilidade da medição detectar mudanças no estado cognitivo;
- b) Intrusividade, que é o grau em que a medição interfere na tarefa do operador ou introduz mudanças na situação operacional;
- c) Diagnosticabilidade, que é a habilidade da medição de discriminar a relação específica entre o ambiente da tarefa e o estado cognitivo do operador (por exemplo, as demandas de horários e a experiência com a pressão por tempo, ou os objetivos da tarefa e os elementos em tela);
- d) Conveniência, que é a quantidade de tempo, dinheiro e instrumentação que a medição requer;
- e) Relevância ou transferibilidade, que diz respeito à aplicabilidade da medição a diferentes tarefas;
- f) Aceitabilidade, que se refere à vontade do operador em cooperar com, ou estar sujeito às demandas da metodologia de medição aplicada.

Assim, o autor advoga que uma carga de trabalho ideal ou medição de consciência da situação deve ser sensível, não-intrusiva, diagnóstica, conveniente de se usar, relevante para diferentes tarefas e aceitável. Young e Stanton (2001) afirmam que a carga de trabalho mental pode ser definida por meio de dois componentes: o esforço (demandas da tarefa) e o stress (o impacto

resultando sobre o indivíduo). As teorias dos recursos da atenção proporcionam uma base útil para a descrição das demandas mentais. Estas teorias assumem que os indivíduos possuem uma capacidade de atenção finita, e que pode ser alocada para uma ou mais tarefas.

Essencialmente, a carga de trabalho mental representa a proporção de recursos disponíveis para cumprir com as demandas da tarefa. Se as demandas começam a exceder a capacidade, o operador ajusta sua estratégia como forma de compensação ou o desempenho cai. A carga de trabalho não é uma propriedade inerente a uma tarefa ou a um usuário, mas emerge de uma interação entre os requerimentos de uma tarefa, as circunstâncias nas quais ela é executada, e as habilidades, comportamentos e percepções do operador. Assim, para Young e Stanton (2001), a carga de trabalho mental é um conceito multidimensional determinado pelas características da tarefa (demandas, desempenho), ou do operador (habilidade, atenção).

Existem vários métodos para determinação da carga de trabalho mental. Aqui daremos enfoque a um deles, o *Nasa Task Load Index* (NASA-TLX). Apresentado por Hart e Staveland (1988), este método consiste de seis sub-escalas que representam grupos independentes de variáveis: demandas mentais, físicas e temporais, frustração, esforço e desempenho. A assunção feita é que alguma combinação destas dimensões irá representar a carga de trabalho vivenciada pela maior parte das pessoas, desempenhando a maior parte das tarefas. Estas dimensões foram selecionadas após análise extensiva dos fatores primários que definem ou não a experiência subjetiva de carga de trabalho para pessoas diferentes executando várias atividades indo de tarefas simples de laboratório até o controle de um avião. Estas dimensões também correspondem a várias teorias que equacionam a carga de trabalho com a magnitude das demandas impostas ao operador, de ordem física, mental e emocional ou à habilidade do operador em atender estas demandas. O formulário criado por Hart e Staveland (1988) pode ser visualizado na figura 17.

Nome	Tarefa	Data
Exigência Mental Quanto mentalmente exigente foi a tarefa?		
<i> muito pouco</i> <i>Extremamente</i>		
Exigência Física Quanto fisicamente exigente foi a tarefa?		
<i> muito pouco</i> <i>Extremamente</i>		
Exigência Temporal Quanta pressão por conta do tempo dado você sentiu, para cumprir com êxito a tarefa?		
<i> muito pouca</i> <i>Bastante</i>		
Desempenho Quanto bom foi seu desempenho para executar aquilo que lhe foi solicitado?		
<i>Perfeito</i> <i>Fracassado</i>		
Esforço Para chegar ao seu desempenho, o quanto você teve que se esforçar?		
<i> muito pouco</i> <i>Extremamente</i>		
Frustração Quanto inseguro, desencorajado, irritado, estressado e aborrecido você esteve, ao realizar a tarefa?		
<i> muito pouco</i> <i>Extremamente</i>		

FIGURA 17 – FORMULÁRIO NASA TLX
 FONTE: Traduzido de HART E STAVELAND (1988)

5.1.2 Testes com usuários

5.1.2.1 Mensuração de desempenho

A avaliação por meio de mensuração é uma maneira tradicional de se avaliar quaisquer ações, dentro das ciências sociais. Nielsen (1993) afirma que

este método é a base para muitos estudos em IHC, bem como é importante para a engenharia de usabilidade por efetuar a comparação clara e simples acerca de quando os objetivos da usabilidade são alcançados, bem como na comparação com produtos competidores. Usualmente a análise de desempenho possui um grupo de usuários que executa um conjunto pré-definido de tarefas enquanto se coletam informações sobre o tempo e os erros cometidos. Nielsen (1993) aponta ainda que um erro a respeito desta técnica é que o potencial para se mensurar algo que está pouco relacionado com aquilo que se está interessado em comparar é bastante grande.

Dentre várias possíveis medidas de usabilidade quantificáveis, algumas são aqui apresentadas, conforme Nielsen (1993):

- O tempo que os usuários levam para completar uma tarefa;
- O número de tarefas de vários tipos que podem ser completadas dado um limite de tempo;
- A taxa entre interações realizadas com sucesso e os erros;
- O número de erros do usuário;
- O número de comandos ou outras funcionalidades que foram usados pelo usuário;
- O número de comandos ou outras funcionalidades que nunca foram usados pelo usuário;
- O número de funcionalidades que o usuário é capaz de lembrar, após executar as tarefas;
- O número de vezes que o usuário expressa frustração ou contentamento;
- A proporção de usuários que usam estratégias eficientes de trabalho em comparação com aqueles que usam estratégias ineficientes;

5.1.2.2 *Observação*

A mera observação é considerada o mais simples de todos os métodos de usabilidade, uma vez que ele envolve apenas visitar um ou mais usuários e fazer o mínimo possível para não interferir nos trabalhos que eles estiverem fazendo (NIELSEN, 1993). A vantagem deste método é o fato do mesmo revelar exatamente aquilo que o usuário faz e não aquilo que diz fazer além de ser barato e prático de se por em prática. Além disso, por meio da observação dos usuários executando suas próprias atividades, pode-se frequentemente encontrar formas não imaginadas de uso (NIELSEN, 1993)

Como boa prática de levantamento por questionário, deve-se declinar de quaisquer solicitações de assistência, dando-se sempre a mesma explicação de que o entrevistador está no ambiente para observar como os usuários trabalham quando não existem especialistas ao redor.

5.1.2.3 *Entrevistas e questionários*

De acordo com Schneiderman (1998) a entrevista é um método que envolve a interação verbal entre o pesquisador e os participantes com intenções específicas. Esta pode ser estruturada, seguindo algum tipo de modelo para o conteúdo e as questões; ou não-estruturada, que permite ao pesquisador modificar o processo de acordo com suas necessidades. A entrevista parece ser um método capaz de investigar informações mais profundas e podem ser aplicadas em grupos (foco).

Rubin e Chisnell (2008) argumentam que entrevistas são boas alternativas aos questionários, uma vez que criam uma ideia de menor rigidez no processo, o que traz uma maior conexão com o entrevistado. Isto tem como consequência um maior comprometimento e responsabilidade do usuário com o

procedimento. Também poderá se tornar menos provável que o entrevistado responda coisas que pensa serem aquelas que o entrevistador julga como certas. Além disso, em tempo real o avaliador pode modificar sua abordagem ou ajustar-se em relação ao entrevistado, ou mesmo expandir ou clarificar pontos que requerem uma maior ou menor atenção e análise. Nielsen (1993) cita que as entrevistas são adequadas para estudos exploratórios onde pouco se sabe acerca daquilo que se está procurando. As entrevistas tipicamente incluem perguntas abertas, onde os usuários são encorajados a se explicarem, de forma profunda, o que leva a citações variadas e ricas. O entrevistador deve permanecer neutro durante o processo e não concordar ou discordar com as frases do entrevistado. Também o entrevistador não deve tentar explicar ao usuário os motivos de o sistema ter se comportado de um determinado jeito, mesmo que inquirido a respeito. As perguntas devem ser feitas de forma neutra e aberta, e devem encorajar o usuário a responder com sentenças completas ao invés de respostas curtas.

Delikostidis (2007) afirma que o uso de questionários é um método barato e que preserva a privacidade dos usuários avaliados, sendo amplamente utilizado na pesquisa em ciências de uma maneira geral. Charlton (2008) afirma que a principal armadilha associada aos questionários é usá-los em situações em que eles simplesmente não são necessários para responder questões acerca do teste sendo efetuado. Uma vez que os questionários são frequentemente percebidos como um modo fácil de coletar dados, eles são usualmente preparados de forma pobre, e utilizados em situações onde outras fontes de dados estão prontamente disponíveis, o que, para o autor, torna o seu uso uma opção pior do que a opção de não serem coletados dados. Isto porque eles podem levantar informações falsas acerca das questões objeto de análise. O uso mais apropriado para questionários, segundo o autor, é como uma forma de ter uma fonte de dados suplementar ou explanatória, não como um critério para mensuração do sucesso.

Nielsen (1993) afirma que questionários e entrevistas são métodos bastante similares, uma vez que ambos envolvem a interação direta com os usuários por meio de perguntas e gravação das respostas. No caso dos

questionários, muitas vezes os usuários podem respondê-lo sem a presença de outras pessoas no mesmo recinto, enquanto que entrevistas necessitam de um interlocutor. Assim, as entrevistas necessitam de mais tempo e esforço por parte dos avaliadores, tendo como vantagem o fato de serem mais flexíveis, uma vez que o entrevistador pode explicar questões difíceis com uma profundidade maior, além de poder recolocar uma questão, para o caso da resposta do usuário indicar que a questão foi interpretada de forma incorreta.

Tanto entrevistas quanto questionários podem ser feitos de forma discursiva e aberta, sendo usualmente válido inquirir os usuários a relembrar incidentes críticos em seu uso do sistema. Os incidentes críticos são ocasiões onde o sistema foi particularmente pobre ou surpreendentemente bom, e saber acerca das circunstâncias, detalhadamente, destes incidentes pode ser de grande valia para ajudar a evitar o pior caso (NIELSEN, 1993).

5.1.3 Registro de dados

A técnica de registro de dados (*data logging*) é descrita por Nielsen (1993) e envolve a existência de um sistema computacional que automaticamente colete estatísticas acerca do uso detalhado da interface a ser avaliada. Usualmente esta técnica é utilizada como um modo de coletar informação sobre o uso de campo de um sistema, após seu lançamento, mas também pode ser usado complementarmente durante o desenvolvimento. O autor aponta que o registro de dados em um sistema é particularmente útil, pois mostra como os usuários agem no seu próprio ambiente, o que contribui para uma análise fidedigna do contexto aplicado à interface avaliada. Tipicamente um *log* contém estatísticas acerca da frequência com que cada usuário utilizou cada função oferecida pelo programa e a frequência com a qual vários elementos de interesse (como mensagens de erro) ocorreram. Ainda, as funcionalidades que não estão sendo usadas com muita frequência devem ser investigadas, de maneira que possam

ser melhoradas e torná-las acessíveis aos usuários ou, dependendo do caso, removê-las do sistema.

Nielsen (1993) cita que um problema que ocorre quando se efetua o registro de dados é que o mesmo mostra apenas o que os usuários fizeram, mas nunca o porquê de tais ações. É possível combinar o registro com outros métodos, como entrevistas, onde usuários podem ser apresentados a dados acerca do seu próprio uso do sistema e inquiridos a falar a respeito de quaisquer fenômenos interessantes que possam estar evidentes nestes dados. Porém o autor ressalta que se deve tomar bastante cuidado ao confrontar usuários com estatísticas do sistema usado por eles, de maneira que se evite qualquer referência a um eventual sentimento de vigia sobre as decisões tomadas pelo usuário ou mesmo uma sensação de estar sendo cobrado por suas ações.

Técnicas conhecidas de *data logging* na literatura incluem o *eye-tracking* (Fitts *et al*, 1950 citado por Jacob e Karn, 2003), que registra a cada instante o movimento dos olhos de usuários; a captura por vídeo, que objetiva a captura da interação dos participantes com uma interface em particular, durante a avaliação, registrando-se as interações físicas e as reações às atividades realizadas; e a captura de tela por meio de *screenshots*, que capta instantes específicos de uso (HAKLAY E ZAFIRI, 2008)

5.1.3.1 *Think Aloud*

A respeito do protocolo "*think aloud*" (também chamado de protocolo verbal), Rubin e Chisnell (2008) explicam que, à medida que os participantes efetuam as ações junto à interface, eles pensam em voz alta e isto oferece muitos *insights* acerca do porquê de algum problema existir e como se pode trabalhar para solucioná-lo. Os autores afirmam que sessões onde este método é aplicado usualmente revelam importantes indicações sobre como eles estão pensando

sobre o produto ou sistema que estão usando e se o modo como este trabalha está de acordo com o modo como foi projetado.

Ericsson e Simon (1993) distinguem três métodos de verbalizações válidas, apresentados em ordem de validade decrescente, cada um deles caracterizado pela quantidade de interferência causada pelo processamento adicional envolvido na produção destas falas:

- Verbalização nível 1: é a fala de pensamentos e informações que já estão no foco atual de atenção da pessoa, em forma verbal. Não são necessários processos intermediários para relatar estes pensamentos e as pessoas não precisam de nenhum esforço específico para comunicá-los. Um exemplo poderia ser as pessoas relatando sequências de números enquanto resolvem mentalmente problemas de matemática. Isto porque os números relatados, que são os resultados intermediários dos cálculos, estão diretamente disponíveis no formulário necessário para relatá-los.
- Verbalização nível 2: é a explicação da informação que está presente no foco de atenção de uma pessoa mas deve ser recodificada em forma de palavras, antes de ser relatada. A explicação ou recodificação envolve processamento adicional, mas não traz novas informações ao foco de atenção da pessoa. Por exemplo, imagens e conceitos abstratos devem estar transformados em palavras antes que possam ser relatadas, mas se esta transformação for o único processamento adicional que é realizado, essa é uma verbalização do nível 2.
- Verbalização nível 3: introduz o processamento mental que influencia o foco de atenção de uma pessoa além da maneira que a execução da tarefa o faz. A influência no foco de atenção de uma pessoa consiste em requerer que seus atuais pensamentos e informação sejam conectados a pensamentos e informações existentes anteriormente. Um exemplo seria o caso de quando as pessoas são inquiridas a dar explicações sobre seus pensamentos e comportamento, ou que recuperem informações da memória.

Os autores citam que as verbalizações em nível 1 e 2 são consideradas como formas clássicas do método. E justamente esta forma clássica é apontada por Hertzum *et al.* (2009) como recomendada, pois tem pouco efeito no comportamento dos participantes, bem como, em tarefas não muito prolongadas, possui efeito nulo na carga de trabalho destes. Portanto, dados válidos sobre o uso de um sistema podem ser obtidos com este método desde que o avaliador forneça instruções precisas e tenha uma interação mínima com o usuário. Estes autores afirmam que, quando o método é aplicado de forma pouco rígida, ocorre um prolongamento na execução das tarefas e grande parte destas é gasta em comportamentos visuais distribuídos genericamente. Além disso, mais comandos são realizados no intuito de voltar ao passo anterior, provavelmente por desconcentração. Estas características percebidas levam a um aumento na carga de trabalho mental e ameaçam a validade do método.

Uma vez que este método irá parecer estranho a boa parte das pessoas, recomenda-se que os usuários possam observar uma amostra ou um ensaio de um teste deste tipo antes de se começarem as atividades dos seus próprios experimentos. Para indicações de atitudes que devem ou não ser tomadas durante os testes que se utilizam deste protocolo, aconselha-se a leitura de Ericsson e Simon (1993) e Nielsen (1993, p. 195-198).

Um resumo dos métodos aqui estudados é dado por Delikostidis (2007) (QUADRO 7), bem como de suas vantagens e desvantagens (QUADRO 8).

Técnica	Descrição resumida
Observação	O comportamento do usuário é observado durante todo o procedimento
Entrevista	O relato verbal do usuário é coletado por meio de entrevistas realizadas após o término do procedimento
Questionário	As opiniões e atitude relativamente a usabilidade da aplicação são coletadas por meio de respostas em itens
Protocolo “think aloud”	Os pensamentos do usuário são coletadas por meio de sua expressão audível, durante o procedimento
Gravação e análise de vídeo	A interação com o usuário é capturada por meio da gravação de vídeo durante o procedimento
Registro de dados	As ações do usuário são coletadas por meio de programas específicos para registro, durante o procedimento

QUADRO 7 – RESUMO DAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO POR TESTES COM USUÁRIOS
 FONTE: DELIKOSTIDIS (2007)

Técnica	Vantagens	Desvantagens
Observação	Captura o comportamento atual do usuário, e não aquilo que este pensa que está fazendo. Pode ser comparado depois com outros dados coletados, para checagem da validade dos dados; é um método barato	Não captura os <i>insights</i> acerca daquilo que a pessoa está realmente sentindo ou as razões por trás de um comportamento em particular ou comentário
Entrevista	O nível das perguntas pode ser modificado para que se adéque ao contexto; Determinados aspectos de interesse podem ser investigadas conforme forem aparecendo	A análise dos resultados pode ser problemática; o estilo do pesquisador e sua personalidade pode afetar a resposta do participante
Questionário	Rápido, barato e pode ser facilmente analisado; oferece melhores garantias para o anonimato; pode ser usado durante o processo de design	A clarificação das questões pode ser prejudicada; oferece pouca flexibilidade, uma vez que as perguntas são previamente definidas; não permite a sondagem
Think Aloud	Revela as razões por trás das ações dos usuários, registra simultaneamente dados sobre preferência e desempenho; método de baixo custo	É pouco natural e distrai o usuário
Gravação e análise em vídeo	Observação imediata das ações do participante; captura expressões faciais	Dificuldades em analisar os dados; dificuldades no alinhamento correto da câmera para melhor observação
Registro de dados	Não é obstrutivo ao participante; pode investigar ações do mundo real em ambientes reais	Programas específicos e nem sempre funcionais podem ser necessários; Não registra as expressões faciais dos participantes

QUADRO 8 – RESUMO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO POR TESTES COM USUÁRIOS
 FONTE: DELIKOSTIDIS (2007)

5.2 Avaliação In Situ

Suchman (2007), explica que situações de interação são sempre locais, uma vez que as circunstâncias não podem nunca ser completamente previstas. Aplicações do tipo *in situ*, ou seja, realizadas diretamente em campo, durante a atividade real, objeto da avaliação, criam uma situação específica para a interação. Uma vez que se tragam os programas computacionais para funcionar diretamente e dinamicamente no seu ponto de uso no mundo real, precisamente onde o usuário está, no espaço e no tempo, o usuário precisará relacionar símbolos com suas referências do mundo real, ali presentes. De forma contrária ao paradigma da virtualidade, o mundo real e a atual situação de uso em particular não devem ser considerados uma distração, mas sim um recurso, assim como um alvo para o uso da aplicação (JANLERT, 2007).

Bernhaupt *et al.* (2008) afirmam que sistemas móveis usualmente são utilizados em situações diferentes, que não podem ser facilmente reproduzidas no laboratório. Por conta de diferentes fatores e interdependências mútuas, as questões de contexto são impossíveis de se configurarem em um ambiente controlado. Por conta disso, à exceção de situações onde é necessário um contexto predefinido ou para questões clássicas acerca da usabilidade, os autores recomendam que o teste de aplicações para dispositivos móveis deve ser conduzido em campo. E por campo, define-se: os lugares onde as pessoas naturalmente utilizam as tecnologias móveis, como aparelhos celulares. Exemplos seriam: no trabalho, em suas casas, nas ruas, no transporte público, em restaurantes e em qualquer outro lugar, mesmo em lugares onde o uso destes dispositivos não é recomendado, como em cinemas, teatros e na direção do próprio carro. Isto, segundo os autores, traz uma questão importante: contrariamente a outras tecnologias, o contexto de uso para tecnologias móveis está em contínua modificação. Este contexto torna-se um problema para a avaliação, uma vez que existe uma variedade de dimensões contextuais para

serem levadas em consideração. O contexto é ativamente produzido mantido e promulgado no curso da própria atividade.

É difícil e caro avaliar tecnologias móveis *in situ*. É complexo capturar situações-chaves do uso e efetuar a coleta de dados em qualidade minimamente aceitável. Demonstrando esta dificuldade, existem estudos que reportam que apenas 41% de pesquisas levantadas em interação humano-computador em dispositivos móveis entre 2000 e 2002 envolveram a avaliação do design de sistemas e destas, majoritários 71% efetuaram a avaliação em laboratórios (KJELDSKOV, GRAHAM, 2003). Por meio de testes, Rogers *et al* (2007) afirmam que o ambiente pode ter um impacto significativo na experiência de um indivíduo.

No teste efetuado por Nielsen *et al.* (2006), o comparativo entre testes resultou na conclusão de que a avaliação efetuada *in situ* teve maior sucesso uma vez que esta configuração permitiu a identificação de um número significativamente maior de problemas de usabilidade, em relação a configuração que usou o laboratório. Além disso, nos testes realizados em campo foram encontrados problemas de usabilidade relacionados à carga cognitiva e ao estilo de interação. Isto indica que o fato da avaliação ser feita em campo pode resultar na revelação de problemas que antes não eram identificadas nas avaliações em laboratório.

5.3 Avaliações de interfaces: Trabalhos em Cartografia

Um projeto cartográfico possui heurísticas particulares e atualmente tem um caráter intrinsecamente interdisciplinar. A análise da literatura demonstra que a pesquisa na área tem adaptado um conjunto de métodos da avaliação de usabilidade para a realização de testes de efetividade e eficiência do uso do mapa, mesmo que o mapa não atenda às necessidades do usuário. A abordagem centrada no usuário presume que a avaliação deve ser feita segundo o ponto de

vista deste, o que inclui imperiosa análise do domínio do usuário e detalhes técnicos acerca dos processos executados por este usuário e cujos mapas darão suporte a esta execução. De forma a traçar um panorama dos métodos atualmente aplicados na avaliação de interfaces de natureza espacial, a seguir serão identificados alguns trabalhos recentes na área, em ordem cronológica, com enfoque na metodologia de testes aplicada nos mesmos.

Richards e Egenhofer (1995) compararam duas telas de uma interface baseada na metáfora da sobreposição de mapas. Os autores utilizaram um método baseado na análise de desempenho em tarefas de alto-nível em conjunto com um *walkthrough* cognitivo, de forma a avaliar a facilidade de uso da metáfora usada na interface, em específico para usuários não-especialistas.

Tobón (2002) aplicou testes de usabilidade em um sistema interativo para exploração dinâmica e visual de dados espaciais, projetado para dar suporte à tomada de decisão. A autora avaliou métricas de desempenho utilizando para isso um método de registro de atividades em tela (*screen logging*). No mesmo ano, Hornbæk *et al.* (2002) comparou duas interfaces para verificar a utilidade do componente de mapa de referência. O objetivo foi quantificar a influência da presença ou de ausência destes componentes e as diferentes organizações possíveis para a interface de aplicações em mapas interativos afetam a usabilidade e o modo como usuários efetuam a navegação. Para tal os autores utilizaram-se de métodos de registro de dados e questionários.

Cockburn e Savage (2003) efetuaram experimentos em interfaces de programas populares, não necessariamente em SIG, para visualização de documentos e mapas, como forma de avaliar diferentes métodos de *pan* e *zoom*. A observação de métricas de desempenho, sob um contexto funcional, determinou a efetividade de cada técnica avaliada. Andrienko *et al.* (2003), durante o projeto *CommonGIS*, efetuaram testes de usabilidade para comparar a usabilidade de interfaces interativas em um ambiente exploratório. Os autores utilizaram a avaliação para medir a capacidade da ferramenta em relação ao aprendizado, à satisfação do usuário e à capacidade de ser lembrada. Os métodos utilizados incluem o uso de um questionário para caracterização de

usuários e tarefas para mensuração de desempenho. Pickle (2003) descreve a aplicação de protocolos *think aloud*, questionários e discussões entre usuários de grupos-foco, para testes de cognição acerca de mapas, tanto em papel, quanto em meio digital. A aplicação de questionários em grupos-foco também foi executada por Fuhrmann e MacEachren (2001) para avaliar o design de interfaces que tem suporte ao movimento em ambientes virtuais para dados geográficos.

Seixas (2004) aplicou um método chamado *ISIM – Interfaces Semiotic Inspection of Maps*, para avaliar a qualidade da interação em mapas interativos, adotando como pressuposto a correta execução de tarefas de localização e definição de rotas, tendo como critérios princípios de interrupção de uso propostos, no método de avaliação por comunicabilidade¹⁶. A validade deste método é discutível uma vez que o mesmo considera problemáticos aspectos intrínsecos ao uso de mapas, porém o método é uma das primeiras tentativas de se abordar a interação cartográfica sob a ótica da informática. No mesmo ano, Van Elzakker (2004) executou testes com usuários, com a utilização do método *think aloud* e de questionários, para efetuar a investigação em ambientes cartográficos exploratórios, especificamente no que diz respeito a como os mapas são selecionados e usados pelos usuários no processo de geovisualização. MacEachren et al. (2005) estabeleceram uma abordagem centrada ao usuário que considerou o uso de questionários e entrevista como parte do método para projetar a interface de uma interface colaborativa que utiliza voz e gestos de mão como entrada.

Falat (2007) propõe a utilização das heurísticas de Scapin e Bastien (1993), conjunto de critérios ergonômicos, como base para a execução de testes de usabilidade com usuários de um sistema cartográfico digital, de característica governamental, na área de serviços sociais. Maziero (2007) utiliza-se de questionários para avaliar a percepção de usuário em relação a elementos da interface em mapas na internet, além de utilizar-se da observação no

16 Um resumo destes princípios pode ser encontrado em SOUZA (2006)

cumprimento de tarefas com mapas funcionais. Pugliese (2007) avaliou diferentes aspectos da simbologia em uma interface cartográfica em um dispositivo móvel para navegação. O autor utilizou-se de um sistema de registro de dados por vídeo para identificar variável relativa ao número de olhadas. Além disso, foram realizadas entrevistas e questionários para aventar a preferência subjetiva acerca de símbolos cartográficas no sistema de navegação e rotas proposto. Toda a metodologia do autor foi verificada em relação à mensuração de eficiência e eficácia em tarefas para a interface avaliada.

Ainda no mesmo ano, Nivala (2007) efetuou a análise de usabilidade de sítios populares para mapas na internet, utilizando para isso testes com usuários, nos quais foram efetuadas medidas de desempenho em tarefas específicas, bem como a análise por especialistas, que realizaram o estudo das interfaces avaliadas, identificando potenciais problemas e propondo soluções. Burigati *et al.* (2007) avaliaram técnicas de navegação em dispositivos de tela pequena, por meio de testes baseados na mensuração de desempenho, usando para isso métricas registradas por meio de um mecanismo de *data logging*. De forma similar, You *et al.* (2007) empregaram métodos de captura de tela para avaliar interfaces construídas com diferentes tipos de ferramentas para *zoom* e *pan*, em mapas interativos.

Haklay e Zafiri (2008) utilizaram um método de análise remota para avaliar as interfaces de programas de SIG. Estes autores inquiriram os participantes da pesquisa, pessoas que utilizam este tipo de programa em suas atividades diárias, a efetuar seu próprio registro de dados, um registro da tela, em instantes aleatórios durante o dia, acompanhados de um questionário. O resultado permitiu avaliar questões acerca da eficácia da interface e da organização da mesma pelos usuários. Çöltekin *et al.* 2008 propuseram um *framework* de avaliação que consiste na mensuração das métricas de usabilidade por meio da análise de tarefas, uso de questionários e entrevistas, aliados ao uso do registro de movimento dos olhos. Os dados coletados são analisados estatisticamente de forma a embasar a avaliação de mapas interativos.

de Mendonça (2009) efetua a coleta remota de atividades de usuários, bem como da aplicação de questionários para caracterização dos participantes da amostra. A metodologia emprega uma análise quantitativa para determinar a eficácia de ferramentas de análise espacial incorporadas à interface de mapas na web, no cumprimento de tarefas em mapas funcionais. Hegarty *et al.* (2009) utilizaram métricas de desempenho (tempo de resposta e eficácia no desempenho em tarefas) em conjunto com questionários de caracterização dos usuários para avaliar se a crença dos usuários em relação a eficiência de determinados tipos de representação cartográfica correspondem ao real desempenho destes. Schöning *et al.* (2009) executaram uma avaliação com o intuito de comparar uma interface multitoque comum e uma interface multitoque com entrada de dados também utilizando-se os pés. Os autores se utilizaram de uma abordagem de medição de desempenho em tarefas e um posterior questionário de avaliação de interface.

Fosse *et al.* (2010) utilizou-se de entrevistas e questionário aberto como teste de percepção visual, para avaliar a simbologia como elemento da linguagem cartográfica em representações tridimensionais interativas. Ingensand e Golay (2010) utilizaram questionários (para caracterização do usuário e após os testes, para mensuração da satisfação), o protocolo *think aloud*, e várias ferramentas de registro, tanto para a tela do usuário, quanto para ações sobre a interface, além da própria gravação de expressões faciais do mesmo. O objetivo foi relacionar o desempenho dos usuários em tarefas utilizando determinados tipos de interfaces em aplicações SIG na *web* com as estratégias de interação escolhidas bem como com características tanto dos usuários quanto das interfaces usadas. Ainda no mesmo ano, Meng e Malczewski (2010) aplicaram testes de usabilidade sob uma perspectiva quantitativa, com análises estatísticas para mensurar alguns indicadores de usabilidade de uma aplicação em SIG colaborativo. Schmidt e Delazari (2010) apresentam uma proposta para a metodologia aplicada a testes de interfaces cartográficas tridimensionais, utilizando-se da combinação de *datalogging*, *think aloud* e questionários. Os autores implantaram um ambiente

controlado de testes para a investigação de questões relativas à simbologia e cognição neste tipo de mapa.

Por último, cita-se o trabalho de Schobesberger (2009), que faz considerações acerca do uso de ferramentas de avaliação de usabilidade em interfaces para a Cartografia. O autor aponta que no uso de entrevistas como método de avaliação, os entrevistadores devem ser preferencialmente cartógrafos ou especialistas em geo-informação. Ainda, o autor pondera que o método de avaliação remota tem vantagens especialmente para aplicações na *web*. O autor exemplifica o caso de sistemas voltados para visualização de mapas na internet que possuem páginas de ajuda: registrar a quantidade de usuários que utilizam esta página pode ter relevância acerca de quão fácil e intuitivo o sistema e sua interface o são.

5.4 *Resumo*

O presente capítulo procurou efetuar a revisão das principais ferramentas para o teste de interfaces, com ou sem a presença dos usuários. Métodos que levam em consideração a usabilidade ou fatores humanos foram descritos, uma vez que serão utilizados, em maior ou menor grau, no desenvolvimento desta tese. Ao final, procurou-se listar uma série de pesquisas que vem sendo feitas recentemente no que diz respeito à avaliação de interfaces e aplicações das metodologias de IHC na Cartografia e sistemas de informações geográficas, bem como suas respectivas contribuições ao estado da arte.

6. METODOLOGIA

A metodologia aqui apresentada é composta por etapas de coleta e avaliação de dados para uma análise da interação entre usuários e interfaces para dispositivos móveis *touchscreen*, com suporte ao multitoque¹⁷. De forma resumida, consiste na definição dos aspectos a serem avaliados, nos testes realizados com usuários, especificamente desenvolvidos para atender aos critérios planejados e, por fim, a análise dos resultados obtidos e a consequente proposição de soluções para problemas observados. Os testes com usuários subsidiaram a proposição de diretrizes para mapas interativos produzidos para dispositivos com tela sensível ao toque. A esquematização pode ser visualizada na FIGURA 18 e o detalhamento de cada item constará nos itens deste capítulo.

As definições iniciais subsidiam situações de uso baseadas em tarefas, tendo como foco a leitura básica de mapas e aspectos básicos de interatividade e navegação. Para a realização destas tarefas foram definidos dois grandes grupos de usuários: os que se submeteram a um conjunto de tarefas voltado para ferramentas básicas de navegação e interação em *gabinete* e; um segundo grupo, que foi submetido ao uso do dispositivo *touchscreen* em ambiente *campo*, com foco na navegação e orientação. A análise dos registros destes grupos foi então realizada com vistas a proposição de soluções para problemas previamente identificados, incluindo-se aí as sugestões para gestual e novas formas de interação com o mapa.

17 Os dispositivos objeto desta tese também serão, deste item em diante, genericamente definidos como “telas sensíveis ao toque” ou “dispositivos *touchscreen*”

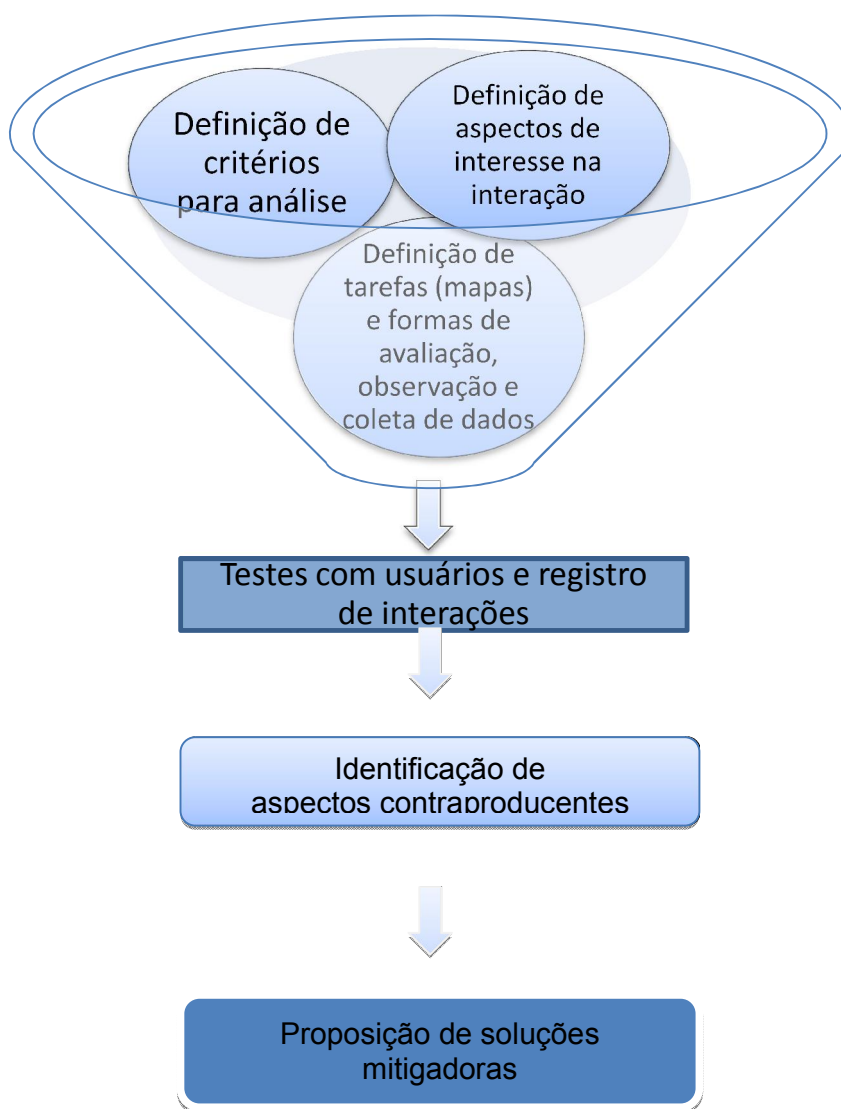


FIGURA 18 – ETAPAS DA METODOLOGIA PROPOSTA
FONTE: O AUTOR (2013)

6.1 Definição de aspectos de interesse

Procurou-se definir aqui quais as análises exploratórias seriam realizadas neste trabalho. Para aplicações cartográficas, os gestos utilizados são os mesmos

utilizados em várias outras aplicações, e devem resultar nas ações básicas relativas ao processo de interação com mapas digitais, em termos gerais (MILER, 2007): Ampliação e redução de escala (bem como os processos associados de comparação de símbolos, cartometria e orientação espacial em geral), o deslocamento de ponto de vista, a busca por feições e a seleção/multiseleção de informações.

Neste sentido, esta etapa definiu a análise para os gestos utilizados na interação com mapas, na atual geração de software/hardware destas interfaces, aplicados às operações com mapas supracitadas. Exemplos de gestos são o ato de segurar e arrastar uma feição qualquer em tela, usando um dedo; ou ainda usar um dedo de cada mão, arrastando-os em sentidos opostos, para ampliar a escala do ponto de vista em um determinado ponto (FIGURA 19).

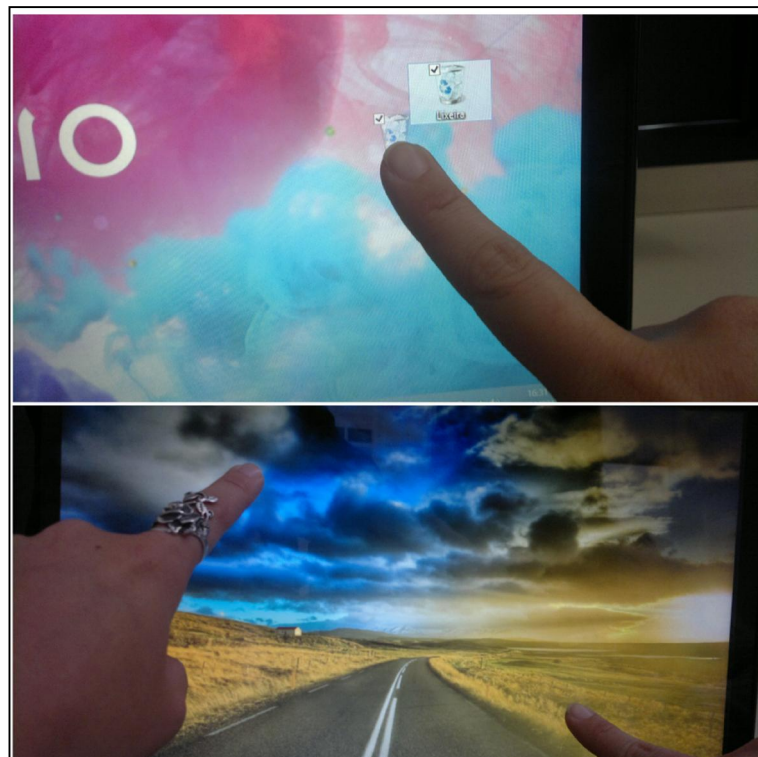


FIGURA 19. EXEMPLOS DE GESTUAIS
FONTE: O AUTOR (2013)

Assim, o foco das análises propostas nesta pesquisa são os gestos e as operações básicas de interação com mapas, que incluem questões intrínsecas à chamada interface-mapa e à interface computacional. Portanto, questões como a inserção de um texto para busca, que são comuns às interações de diversos tipos, também devem ser levadas em conta na análise aqui proposta.

Por motivos logísticos, não se pretende que os usuários para esta pesquisa constituam-se uma amostra aleatória da população usuária para dispositivos multitoque, ou que abranjam toda a variabilidade das características da população. Porém não se fez qualquer objeção às características pessoais e/ou habilidades de cada usuário, podendo os usuários atuar em qualquer campo profissional tendo ele alguma ligação com mapas e afins ou não.

. Assim, de acordo com a disponibilidade e aceitação de cada indivíduo, procurou-se montar um grupo de usuários com características diversas. Cabe citar que dependendo do tipo de teste, os usuários precisavam ser registrados em vídeo e áudio, e dispor entre 20 e 50 minutos para a realização das atividades. Em todos os casos os usuários autorizam e cedem, voluntariamente, o uso de sua imagem e som para pesquisa acadêmica aqui apresentada.

Outra decisão importante para a realização dos testes diz respeito à análise da orientação espacial. Entende-se que pela característica móvel dos dispositivos, seu uso em situações reais envolve questões sobre orientação espacial no próprio espaço de uso. Em outras palavras, o uso “espacial” destes dispositivos se dá, em parte, em ambientes abertos, especialmente em situações nas quais o usuário pretende se localizar ou utilizar seu dispositivo para guiá-lo a um destino. Tal constatação obrigou que a metodologia aqui apresentada abrangesse também um conjunto de testes experimentais nestas condições de uso, que, nesta pesquisa, serão referidos como testes *de campo*, contrastando com os procedimentos experimentais em ambiente fechado, ou testes *em gabinete*.

6.2 Definição de Tarefas e formas de coleta de dados

Os testes de usabilidade propostos têm como objetivo a identificação das principais questões relativas ao uso de dispositivos com tela sensível ao toque no que concerne às interfaces cartográficas. Por meio da observação do uso (NIELSEN, 1993), *think aloud*, registro de tela, entrevista, questionário e aplicação de formulário de carga de trabalho (HART e STAVELAND, 1988) dificuldades na interação com os aplicativos serão identificadas, assim como as impressões dos usuários quanto aos mais diversos aspectos da interface avaliada.

6.2.1 Materiais

Os equipamentos usados para este teste possuem em comum apenas o aplicativo de mapas utilizado. Decidiu-se por usar o aplicativo *Google maps*, que tem versões diferentes para cada sistema operacional, porém é uma amostra representativa do mercado de aplicativos para dispositivos móveis *touchscreen*, tendo como principais concorrentes soluções da Apple, Nokia, e o aplicativo Waze. Uma comparação realizada nos pré-testes desta pesquisa demonstrou que as diferenças nas funcionalidades oferecidas e simbologia utilizada entre estes quatro aplicativos são mínimas, o que leva à constatação de que o uso de uma única solução para a análise aqui proposta não influencia os resultados obtidos.

Além disso, a liderança de mercado do aplicativo *google maps* tende a superestimar resultados de eficiência uma vez que a mesma possui a característica de ser familiar a grande parte dos usuários de mapas na internet. Assumiu-se então que os aspectos avaliados possam ser demonstrados de forma genérica, sem se ater às funcionalidades e soluções específicas da aplicação utilizada. Não há prejuízo para a análise, uma vez que o uso desta interface única permite que se variem outros aspectos relevantes para a interação.

Quanto aos dispositivos propriamente ditos, procurou-se anular as diferenças entre diferentes características de tela e projeto, por meio do uso de dispositivos que abrangessem as principais soluções existentes no mercado (THE NIELSEN COMPANY, 2011):

- a. *Smartphone* Samsung Galaxy SII, tela 4,3 polegadas AMOLED plus (capacitiva multitoque - 207ppi), sistema operacional Android 2.3;
- b. *Tablet* Apple Ipad I, tela 9,7 polegadas, APPLE IPS LED touchscreen (capacitiva multitoque - 132ppi), sistema operacional Apple IOS5.4;
- c. *Smartphone* Motorola Defy MB526, tela 3,7 polegadas, capacitiva multitoque, TFT LCD (267ppi), sistema operacional Android 2.3.5;
- d. *Tablet* Motorola XOOM, tela 8,2 polegadas, TFT LCD (capacitiva multitoque - 184ppi), sistema operacional Android 3.2.

A intenção de se usar vários dispositivos com características diferentes visa abranger uma maior quantidade de possibilidades de interação que podem ser observadas, destacando-se o papel de telas de diferentes tamanhos e natureza da tela no desempenho de tarefas executadas com o auxílio de mapas interativos nestes dispositivos. Porém, é importante frisar que cada dispositivo possui sua própria disposição de interface, que inclui o tamanho de botões, o aproveitamento da área útil para a tela, além da organização da mesma de forma que cada aplicativo é mostrado de forma diferente de acordo com o dispositivo usado.

Cabe aqui destacar, porém, que devido aos custos envolvidos, um equipamento foi mais utilizado que os demais nos testes realizados - o tablet Motorola XOOM – uma vez que o mesmo foi o único adquirido de forma definitiva para a realização da pesquisa aqui apresentada.

O *software* utilizado para coleta de dados (*datalogging*) foi o aplicativo CAMSTUDIO 2.7 que registrou a atividade em tela de um notebook HP Pavillion dm4-1055br, cuja *webcam* filmou a atividade do usuário por meio do aplicativo HP Media Cam. O registro da tela dos aparelhos, em ambiente *de* escritório foi efetuado por meio de aplicações de acordo com o sistema operacional: Os

dispositivos com sistema operacional *Android* foram registrados por meio do aplicativo *droidatscreen*¹⁸; Dispositivos *Apple* tiveram suas telas registradas por meio do aplicativo Vency, que funciona como um servidor do tipo VNC, *virtual network computing*, instalado no dispositivo *Apple*. Este tipo de aplicação funciona em conjunto com um cliente VNC, que permanece instalado no *notebook*, de forma a registrar o que transmite o servidor, por meio de conexão do tipo *wifi*.

Os mapas utilizados em cada atividade foram criados por meio do aplicativo *google maps*, que permite a personalização de mapas por meio do uso de um nome de usuário e senha, chamado de conta *google*. Durante os testes, os dispositivos permaneciam conectados a mesma conta, de forma a recuperar os mapas criados especificamente para cada atividade.

6.2.2 Métodos

Todas as análises de testes com usuários em geral tiveram como objetivo a utilização de tarefas, o que confere uma característica funcional às análises efetuadas. Para a análise de uso em *gabinete* utilizou-se um número de 30 usuários, de forma a obter 90 amostras de uso, três por usuário. Dado o quantitativo de testes, não é possível generalizar os resultados para a população, porém é possível estimar as percentagens relativas a cada variável avaliada, como indicador da tendência do comportamento da amostra. Neste caso, o índice mínimo passível de identificação na análise dos resultados será de 3%, que indica que há um usuário com tal comportamento para um universo de 30. Para a análise de uso em *campo*, utilizou-se um número de 5 usuários, considerando-se a maior complexidade logística para a realização destas atividades, em uma análise puramente qualitativa, aos moldes de um teste clássico de usabilidade de interfaces.

18 <http://droid-at-screen.ribomation.com/>

Segundo Nielsen (1993), para testes desta natureza, cujo objetivo é a identificação de dificuldades na interação durante o uso, o número de usuários deve ser de cinco ou mais, sendo que uma parcela considerável dos problemas será identificada com poucos usuários, desde que se tenha uma amostra com características representativas do público-alvo a qual o produto se proponha e que se eliminem as variáveis cuja influência seja indesejada ao resultado da análise de usabilidade.

Nesta pesquisa, considerou-se que, para eliminação da influência de outras variáveis como a área mapeada e o conhecimento prévio da mesma, equipamentos utilizados e características culturais dos usuários analisados, seria importante para a análise que estes aspectos fossem variados intencionalmente no delineamento experimental. Assim, os experimentos foram realizados com usuários de 3 cidades diferentes, tendo como áreas de estudo 4 cidades distintas, com uso, na medida do possível, de equipamentos diferentes. Além disso, dentro de cada tarefa, são variadas também as variáveis dos testes, de forma a garantir resultados confiáveis.

Os usuários escolhidos possuem perfis diversos de especialização no uso de mapas, que variam de usuários leigos em cartografia àqueles declaradamente experientes no uso de mapas. A área de atuação profissional também foi, na medida do possível, variável, de forma que a análise seja válida para um número maior de pessoas do universo de usuários destas aplicações.

Os usuários foram inquiridos a realizar tarefas, elaboradas de forma a cobrir as possibilidades básicas e comuns no uso de mapas em meio digital, para o público em geral (MERSEY, 1990) e de forma que seja proposta a avaliação das habilidades relacionadas com a interação com a interface-mapa e interface-computacional. Estas tarefas são descritas a seguir, em conjunto com os principais aspectos passíveis de avaliação, em relação à interação com a interface pelo usuário, bem como apresentados os mapas – estados iniciais das interfaces apresentadas para testes – utilizados em cada tarefa e cidade.

6.2.2.1 Tarefa 1 gabinete: Calcular uma rota entre dois pontos

Dados os pontos A e B (cruzamento entre duas ruas), achar uma rota possível entre estes.

Habilidades possivelmente avaliadas: entrada de dados; seleção de pontos; orientação espacial; uso de ferramenta de roteamento.

Os mapas utilizados nesta tarefa são identificados pelo número da mesma e da cidade objeto da análise: Tarefa 1 – Curitiba (FIGURA 20); Tarefa 1 – Florianópolis (FIGURA 21); Tarefa 1 – Manaus (FIGURA 22); Tarefa 1 – Uberlândia (FIGURA 23).

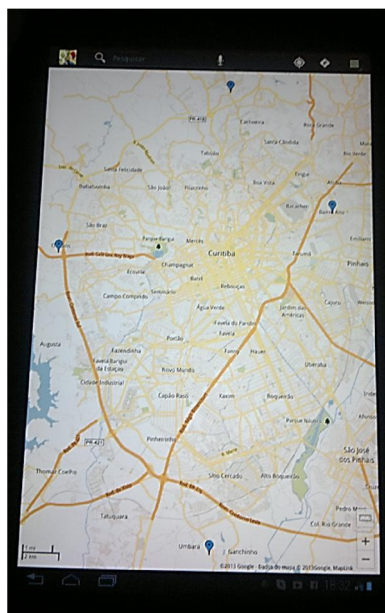


FIGURA 20 – DISPOSITIVO E MAPA DE CURITIBA (TAREFA1)
FONTE: O AUTOR (2013)

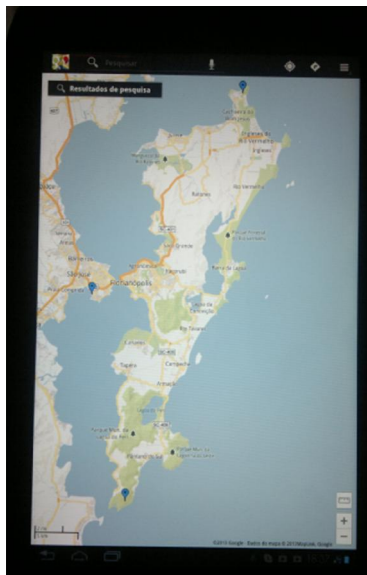


FIGURA 21 – DISPOSITIVO E MAPA DE FLORIANÓPOLIS (TAREFA1)
 FONTE: O AUTOR (2013)

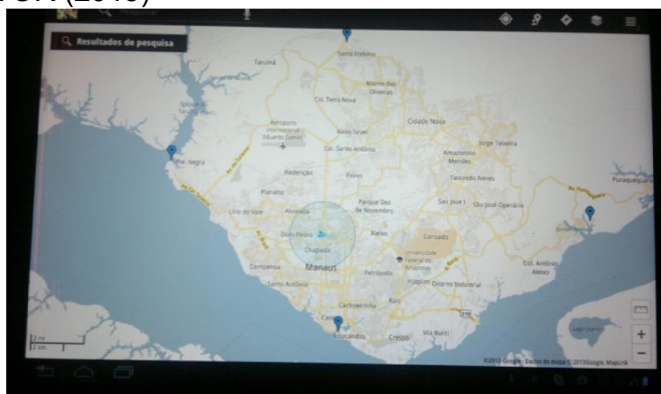


FIGURA 22 – DISPOSITIVO E MAPA DE MANAUS (TAREFA1)
 FONTE: O AUTOR (2013)

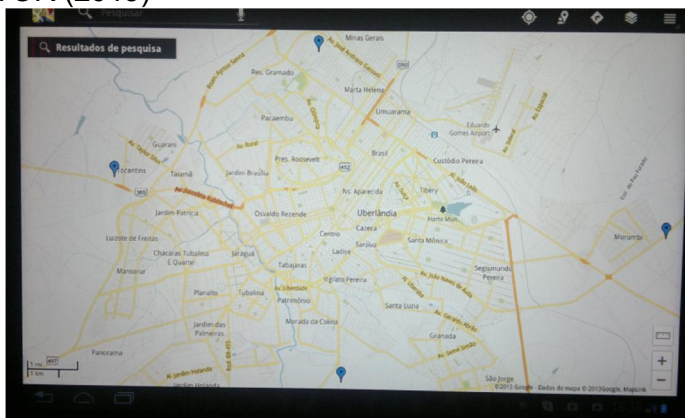


FIGURA 23 – DISPOSITIVO E MAPA DE UBERLÂNDIA (TAREFA1)
 FONTE: O AUTOR (2013)

6.2.2.2 Tarefa 2 gabinete : Identificar a localização de feições

Dado um conjunto de feições (marcadores) previamente inseridas sobre a base cartográfica, identificar onde está uma ou duas delas, bem como indicar uma forma de referenciá-los no espaço, através do uso de pontos de referência e ruas.

Habilidades possivelmente avaliadas: ampliação e redução de escala; deslocamento do ponto de vista; retorno ao ponto de vista inicial, orientação no espaço, identificação de aspectos da simbologia da base cartográfica;

Os mapas utilizados nesta tarefa (FIGURA 24) também são identificados pelo número da mesma e da cidade objeto da análise: Tarefa 2 – Curitiba; Tarefa 2 – Florianópolis; Tarefa 2 – Manaus; Tarefa 2 – Uberlândia.

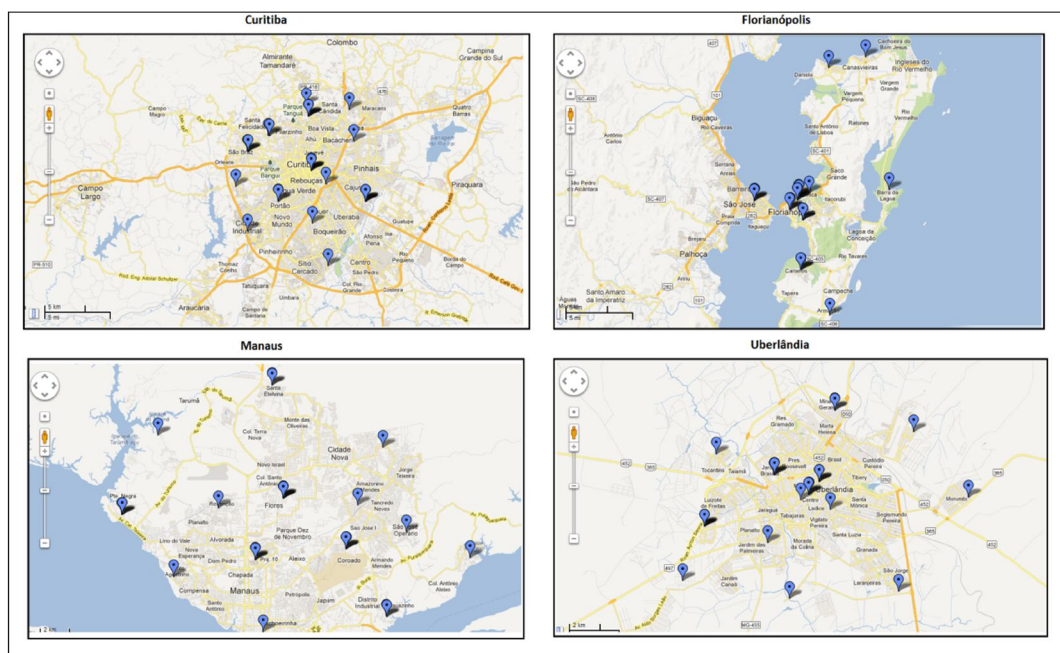


FIGURA 24 – REPRESENTAÇÃO SEM ESCALA DOS MAPAS DA TAREFA
 FONTE: O AUTOR (2013)

6.2.2.3 Tarefa 3 gabinete: Inserção de elementos vetoriais e cálculo de distância

Dados dois pontos previamente inseridos no mapa, desenhar sobre o mesmo uma ou mais rotas possíveis entre estes dois pontos e informar a sua distância.

Habilidades possivelmente avaliadas: desenho de vetores (linhas); deslocamento do ponto de vista; ampliação e redução da escala; uso de ferramenta de medição de distância; orientação espacial; uso de ferramenta de roteamento.

Também os mapas utilizados nesta tarefa (FIGURA 25) são identificados pelo número da mesma e da cidade objeto da análise: Tarefa 3 – Curitiba; Tarefa 3 – Florianópolis; Tarefa 3 – Manaus, Tarefa 3 – Uberlândia.

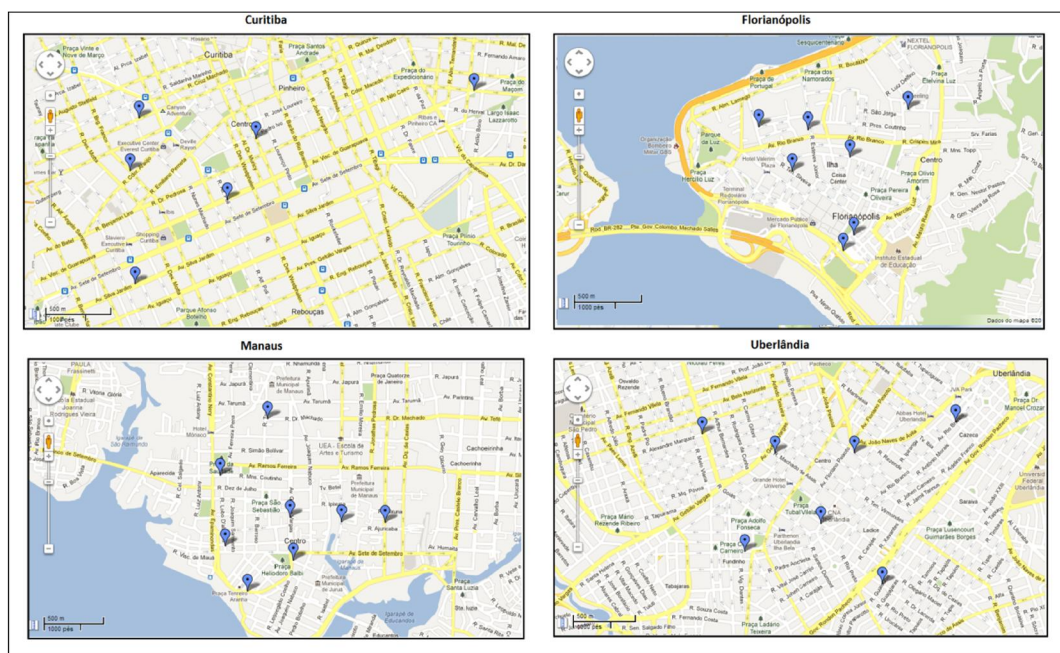


FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO SEM ESCALA DOS MAPAS DA TAREFA 3
 FONTE: O AUTOR (2013)

6.2.2.4 Tarefa 1 campo: Utilizar o mapa para encontrar a rota entre dois pontos

Dados um ponto inicial correspondente à localização atual do usuário, e um ponto final, correspondente a uma esquina entre duas ruas, o usuário deve utilizar a base cartográfica fornecida para, primeiramente, localizar o ponto final e, depois, seguir o caminho correspondente ao ponto final a pé, além de calcular a distância percorrida em rota.

Habilidades possivelmente avaliadas: entrada de dados; comparação de simbologias; orientação espacial no mapa e em campo; ampliação e redução de escala; deslocamento de ponto de vista; uso do mapa para orientar posicionamento e direção; uso de ferramenta de roteamento; identificação de pontos de referência para navegação; uso de escala gráfica; uso de ferramenta de medição de distâncias.

Como nas demais tarefas realizadas em ambiente externo, os mapas utilizados foram os mesmos das tarefas em *gabinete*, apresentados no item anterior.

6.2.2.5 Tarefa 2 campo: Utilizar o mapa como base para identificar distâncias e direções em relação a outros pontos.

Dados um ponto inicial correspondente à localização atual do usuário e vários pontos distribuídos ao longo da cidade, identificar pontos que estão em um raio mínimo específico, bem como direção e localização destes pontos.

Habilidades possivelmente avaliadas: ampliação e redução de escala; deslocamento do ponto de vista; seleção de pontos; orientação e posicionamento no espaço; comparação entre símbolos;

6.2.2.6 Tarefa 3 campo: Utilizar o mapa para seguir uma rota pré-determinada

Dados dois pontos, identificar uma rota possível entre eles e guiar um motorista para o ponto de chegada.

Habilidades possivelmente avaliadas: desenho de vetores (linhas); ampliação e redução de escala; navegação e orientação no espaço; identificação de pontos de referência para navegação.

6.3 Métodos de coleta de dados

O primeiro fator diz respeito às características dos usuários, que foram coletadas antes do início da aplicação dos testes por meio de questionário (APÊNDICE 1), segundo a organização proposta em Preece *et al* (1994), Maziero (2007) e Mendonça (2009). As características coletadas possuem o objetivo de fornecer embasamento para a análise da relação entre características dos usuários que usam mapas e a eficácia e eficiência em tarefas de natureza geral efetuadas com o auxílio destes.

Durante a realização das tarefas, foi solicitado ao participante que utilizasse protocolos verbais para narrar suas atividades durante a resolução das tarefas, por meio do método de *think aloud clássico* (ERICSSON E SIMON, 1993; NIELSEN, 1993). O avaliador procurou não interferir no caso de dificuldades na interação, mas tão somente para garantir que o usuário descrevesse aquilo que ocorre (conforme sugestões de HERTZUM *et al.* 2003). Apenas quando inquirido a respeito de uma funcionalidade específica ou quando o tempo máximo para realização das atividades se aproximava é que o avaliador poderia auxiliar o usuário.

Ao final da execução das tarefas, o entrevistador verificou a satisfação do usuário em relação aos aplicativos e mídia usados, bem como em relação às

tarefas propostas. Além disso, foram inquiridas as impressões gerais de utilização e interação com a interface. O método escolhido foi a entrevista, no qual o usuário responde livremente acerca dos assuntos que lhe foram questionados, sem que haja sugestões de respostas. Ainda como parte final da avaliação, logo após a execução de cada uma das tarefas, foi utilizado um formulário¹⁹ para a quantificação da carga de trabalho efetuada (HART e STAVELAND, 1988; HART, 2006).

Assim, procurou-se avaliar como variáveis, além dos critérios de avaliação intrínsecos ao processo de interação, as impressões subjetivas dos usuários, sua carga de trabalho em cada tarefa e, de uma forma geral, sua conotação acerca dos mapas usados.

Durante o teste, todo o procedimento efetuado pelo usuário foi filmado com áudio e, no caso dos testes de posicionamento *em gabinete*, sincronizado com a gravação da tela do usuário, de forma a posteriormente subsidiar a associação entre o que foi narrado, o que foi respondido na entrevista e as observações de cada teste. Para os testes de posicionamento *em campo* os procedimentos foram apenas registrados em áudio e vídeo, tomando-se cuidado para filmar diretamente as interações efetuadas.

6.4 Critérios de avaliação

Nesta seção estão detalhados os critérios de avaliação para cada tarefa analisada, bem como o domínio para cada critério, que consiste nos possíveis valores assumidos por cada variável analisada. Além das habilidades a serem observadas comuns aos dois tipos de testes (*gabinete* e *campo*), relativas ao desempenho, eficácia e eficiência, são aqui definidos pontos de interesse para a investigação. Estes pontos, que direcionam a abordagem da entrevista com o

19 Apresentado anteriormente na figura 17

usuário realizada após a execução de cada tarefa, além de guiar a avaliação dos protocolos verbais, são citados abaixo:

- Entendimento do que foi proposto;
- Ciclo de ações decidido para a resolução da tarefa;
- Uso das potencialidades gestuais suportadas pela interface;
- Uso das ferramentas disponibilizadas nas interfaces;
- Percepção de *retornos*;
- Evolução no uso (última tarefa com desempenho melhor que as primeiras; familiaridade aparente com o equipamento);
- Postura, ambientação e fadiga durante o uso;
- Grau de Irritação/satisfação e sua relação com aspectos da tarefa ou da interface;
- Grau de satisfação geral com o aplicativo usado;
- Relação com as dificuldades enfrentadas e as características de cada dispositivo;
- Sugestões de mudança efetuadas.

6.4.1 Critérios para tarefas de posicionamento em gabinete

Os critérios aqui apresentados possuem uma abreviação entre parênteses, apenas como forma de identificação rápida dos mesmos.

*** Posição majoritária (POSMAJ):**

Indica como o usuário manteve o dispositivo, na maior parte do tempo gasto na tarefa, para executá-la. Abrange duas variáveis. 1) a posição do dispositivo, se Vertical ou Horizontal; 2) A forma como o mesmo é segurado, se com uma ou duas mãos, ou sem o auxílio desta, mantendo-se o equipamento em

cima da mesa. O domínio para a posição majoritária abrange as diferentes combinações entre estas duas variáveis.

***Norte (NORTE):**

Explicita a posição do Norte em tela, no momento da realização da atividade. Indicada pela posição aproximada em graus, relativa à posição majoritária do aparelho. O domínio são ângulos de 0 a 360°, de 15 em 15°. Caso a posição seja alterada, observou-se se tal alteração foi consciente ou acidental.

*** Uso do zoom: (ZOOMUSO):**

Explicita a maneira majoritária utilizada pelo usuário para ampliar e reduzir escala durante a execução da tarefa.

Domínio:

- a) *zoom* por pinça utilizando polegar e indicador;
- b) *zoom* por pinça utilizando polegar e dedo médio;
- c) *zoom* por pinça utilizando polegar e dedo anelar;
- d) *zoom* por pinça utilizando outra combinação de dedos de uma mesma mão;
- e) *zoom* usando-se 2 polegares;
- f) Outro método usando-se as duas mãos simultaneamente;
- g) Uso dos botões de ampliar e reduzir escala (+ e -);
- h) *zoom* por meio de dois toques na interface.

*** Uso do deslocamento (PANUSO):**

Explicita a maneira utilizada pelo usuário para deslocar o ponto de vista do mapa durante a execução da tarefa.

Domínio:

- a) deslocamento por arraste usando dedos alternados de uma mesma mão;

b) deslocamento por arraste usando dedos alternados de mãos diferentes;

c) deslocamento por arraste usando um único dedo.

*** Perda de referencial (ZOOMREF):**

Indica quantas vezes o usuário relata ou evidencia perda de referencial após a execução de uma ampliação ou redução de escala. A evidência para a perda de referencial pode ser: o usuário retorna ou tenta retornar à escala anterior; o usuário tenta retornar ao ponto central anterior à redução/ampliação; o usuário interrompe a execução da atividade e não consegue continuar no mesmo raciocínio/direção/ponto central desejado.

Domínio:

a) o usuário retorna ou tenta retornar à escala anterior (1 vez);

b) o usuário retorna ou tenta retornar à escala anterior (2 ou 3 vezes);

c) o usuário retorna ou tenta retornar à escala anterior (4 ou mais vezes);

d) o usuário tenta retornar ao ponto central anterior à redução/ampliação (1 vez);

e) o usuário tenta retornar ao ponto central anterior à redução/ampliação (2 ou 3 vezes);

f) o usuário tenta retornar ao ponto central anterior à redução/ampliação (4 ou mais vezes);

g) o usuário interrompe a execução da atividade e não consegue continuar no mesmo raciocínio/direção/ponto central desejado (1 vez);

h) o usuário interrompe a execução da atividade e não consegue continuar no mesmo raciocínio/direção/ponto central desejado (2 ou 3 vezes);

i) o usuário interrompe a execução da atividade e não consegue continuar no mesmo raciocínio/direção/ponto central desejado (4 ou mais vezes);

j) não foi registrado problema com perda de referência decorrente da ferramenta *zoom*.

*** Perda de referencial (PANREF):**

Indica quantas vezes o usuário relata ou evidencia perda de referencial após a execução de um deslocamento de ponto de vista. A evidência para a perda de referencial pode ser de 2 tipos: o usuário retorna ao ponto de vista anterior ou tenta retornar; o usuário interrompe a execução da atividade e não consegue continuar no mesmo raciocínio/direção iniciado.

Domínio:

- a) usuário retorna ao ponto de vista anterior ou tenta retornar (1vez);
- b) usuário retorna ao ponto de vista anterior ou tenta retornar (2 ou 3 vezes);
- c) usuário retorna ao ponto de vista anterior ou tenta retornar (4 ou mais vezes);
- d) o usuário interrompe a execução da atividade e não consegue continuar no mesmo raciocínio/direção iniciado (1vez);
- e) o usuário interrompe a execução da atividade e não consegue continuar no mesmo raciocínio/direção iniciado (2 ou 3 vezes);
- f) o usuário interrompe a execução da atividade e não consegue continuar no mesmo raciocínio/direção iniciado (4 ou mais vezes);
- g) não foi registrado problema com perda de referência decorrente da ferramenta de deslocamento.

*** Tipo de clique (CLIQUE):**

Explicita a forma como o usuário posiciona sua mão na tela majoritariamente durante a realização da tarefa quando vai efetuar um clique.

Domínio:

- a) do tipo *monotouch* (indicando-se o dedo, ou o dispositivo usado); ou
- b) do tipo *multitouch*, que ocorre quando há ao menos uma interação (ou tentativa de uma) na qual há o uso de mais de um dedo simultaneamente.

*** Tentativas de pressionar (PRESS):**

Diz respeito à quantidade de vezes que o usuário tenta efetuar uma ação por meio do toque em tela por mais de 3 segundos (espera de *retorno*).

*** Índice frustração (FRUST):**

Diz respeito à existência, durante a tarefa, de qualquer situação que indique que o usuário teve problemas na execução da mesma, seja por problemas da interface, seja por problemas de interação. Tal situação deve evidenciar qualquer tipo de ruptura no processo iniciado pelo usuário para executar a tarefa. Este critério obedece a uma graduação em ordem de severidade, expressa no seu domínio:

a) leve (indica que houve uma ruptura que não foi suficiente para interromper o processo completamente);

b) médio (indica que houve ruptura do processo, fazendo com que o usuário seja obrigado a reiniciá-lo);

c) grave (indica que houve ruptura do processo a ponto de fazer com que o usuário necessite mudar sua estratégia para execução da tarefa).

*** Índice desempenho :**

Indica a eficácia na execução da tarefa, para o tempo pré-determinado, sem considerar tempo perdido por conta do carregamento de dados via internet. Se o resultado esperado da mesma foi obtido completamente este índice é valorado como "10". Se o resultado esperado para a tarefa foi obtido apenas parcialmente ou o usuário necessitou de ajuda para chegar à execução completa, este índice é valorado como "5". Se o resultado esperado não foi conseguido o mesmo é valorado como "0".

*** Índice de busca de ferramenta:**

Indica se, ao procurar ferramentas na interface, o usuário consegue localizar ou perceber determinada ferramenta. Para cada ferramenta ou funcionalidade buscada, o índice é valorado como 10 se o usuário consegue localizar a ferramenta na interface; como 5 se o usuário precisa de ajuda para localizar a ferramenta; e como 0 se o usuário desiste de buscar uma determinada ferramenta e procura outra forma de execução, ou se o tempo não é suficiente para buscar a mesma na interface. Caso mais de uma funcionalidade seja buscada na tarefa, o índice é dado referente ao pior caso.

*** Interações inúteis:**

Quantidade de vezes em que o usuário realiza interações que não contribuem para a execução da atividade proposta. O conceito de interações aqui diz respeito ao toque em tela e a avaliação é aproximada.

Domínio:

- a) Não ocorrem mais de 10% de interações inúteis;
- b) Ocorrem de 10 a 30% de interações que não contribuem para a execução da tarefa;
- c) Ocorrem de 30 a 50% de interações que não contribuem para a execução da tarefa;
- c) Mais da metade das interações efetuadas não contribuem para a execução da tarefa.

*** Método:**

Este item se subdivide em dois: o método inicialmente pensado para a resolução do problema (método inicial) dado e o método efetivamente aplicado para a execução da tarefa, mesmo que sem sucesso. O método inicialmente pensado pode ou não ser abandonado no decorrer do uso e deve-se associar tal

fato ao índice de frustração da tarefa. Cada tarefa possui pelo menos 2 métodos diferentes possíveis para a execução da mesma. Um utilizando funcionalidades do próprio programa e outro utilizando apenas a simbologia do mapa e a cognição espacial do usuário. Segue a descrição das possibilidades para cada método, por tarefa:

Tarefa1 (rotas entre duas esquinas):

Subdividido em 3 partes: a busca pelos pontos; a materialização do ponto no mapa e obtenção de rota.

1a) Para busca:

- a) Buscar as esquinas utilizando ferramenta de busca (digitação)
- b) Buscar as esquinas utilizando ferramenta de busca (voz)
- c) Buscar as esquinas por meio de uma busca baseada em conhecimentos prévios ou ao acaso, usando ferramentas de pan e zoom.

1b) Para materialização do ponto no mapa:

- a) Marcar ponto inicial e final mentalmente;
- b) Marcar ponto inicial e final por meio de toque no mapa;
- c) Marcar ponto inicial e final automaticamente por meio da inserção de endereço;

1c) Para obtenção da rota:

- a) Informar a rota por meio de mapa mental, descrevendo-a através de instruções dadas ao entrevistador.
- b) Materialização da rota usando ferramenta de medição de distâncias ou usando desenho com o dedo (mesmo que o desenho não apareça na tela)
- c) Rota automática da ferramenta do programa, a pé, de carro ou de onibus.

Tarefa2 (localizar marcadores):

- a) localizar a ferramenta de exibição de lista de conteúdo. Procurar na lista o número da ART solicitada e clicar na mesma de forma que o ponto de vista seja centralizado no referido marcador;
- b) procurar, por meio de *pan* e *zoom*, marcadores. Clicar em cada um deles para que haja algum tipo de identificação do número associado ao mesmo

Tarefa3 (dividida em duas partes, o projeto de uma rota e o cálculo de distâncias entre 2 pontos):

3a) Design da rota:

- a) Projetar a rota por meio de mapa mental com desenho virtual
- b) Projetar a rota por meio de mapa mental com desenho utilizando a ferramenta régua
- c) Projetar a rota por meio da ferramenta de rotas, indicando-se os pontos inicial e final por meio da interação com o mapa
- d) Projetar a rota por meio da ferramenta de rotas, indicando-se os pontos inicial e final por meio da digitação de endereços

3b) Cálculo da distância

- a) Calcular distância por meio do tamanho médio de uma quadra
- b) Calcular distância por meio do uso da escala gráfica
- c) Calcular distância por meio da ferramenta régua

*** Problemas de Orientação (ORIENT):**

Indica se o usuário teve problemas com perda de referência relativa à orientação. A perda se dá quando há confusão relativa aos pontos cardeais, comparação de grandezas (escala), bairros e ruas ou relativas a qualquer

simbologia presente no mapa apontada como referência. Tais problemas podem ser:

- a) nenhum
- b) leve, indicando que houve confusão inicial, resolvida em menos de 10 segundos.
- c) moderada, indicando que há confusão de referência, porém sem prejuízos determinantes ao processo de orientação como um todo, para a tarefa.
- d) severa, indicando que o usuário possui pouca ou nenhuma ideia de como referenciar sua posição ou rota por meio da simbologia, escala ou indicação de Norte.

*** Tentativa de novas formas de interação (NEWINT):**

Especifica se o usuário utilizou como estratégia para resolver problemas a utilização de técnicas de interação multitoque ou não-convencionais. Nesta definição incluem-se técnicas que fogem ao padrão de interação Windows/GUI

Domínio:

- a) Uma tentativa consciente e/ou declarada e/ou claramente identificável de realizar algum tipo de interação com mais de um toque simultâneo em tela
- b) Uma tentativa consciente e/ou declarada e/ou claramente identificável de realizar algum tipo de interação que envolva toques e arrastes na tela
- c) Uma tentativa consciente e/ou declarada e/ou claramente identificável de realizar algum tipo de interação por meio de balanço (*shaking*) ou rotação do aparelho
- d) Uma tentativa consciente e/ou declarada e/ou claramente identificável de realizar algum tipo de interação por meio de movimentos circulares ou outro padrão de toque
- e) Nenhuma tentativa fora dos padrões GUI tradicionais.

*** Necessidade de voltar à situação inicial da tarefa (HOME):**

Indica se ocorreu a necessidade do usuário retornar ao ponto de vista inicial da tarefa. Caso sim, indicar a frequência desta necessidade.

*** Tempo (TEMPO):**

Tempo efetivo usado para a execução da tarefa. Mensurado em segundos.

A seguir, são apresentados critérios exclusivos para a tarefa 2.

*** Lista de conteúdo (TOC):**

Em alguns testes, a lista de conteúdo foi deixada visível, em outros não, por padrão. Este critério explicita qual a situação do usuário em questão, ao iniciar a tarefa.

Domínio:

- a) Visível;
- b) Oculta.

*** Grau de dificuldade do marcador, para escala (DIFICMARC):**

A maioria dos marcadores solicitados na tarefa encontrava-se oculto na escala inicial de visualização. O usuário deveria, para encontrar o marcador segundo o método 'b', utilizar-se de ampliação da escala. Assim, cada marcador possui um nível de dificuldade para ser "achado" no mapa, nível este relacionado à quantidade de níveis de escala necessários para visualização do mesmo sem qualquer sobreposição e, conseqüentemente, à quantidade de interações do usuário.

Este critério é dividido em 3 níveis, em que o nível 1 indica que no máximo uma operação de deslocamento ou ampliação de escala é necessária para visualizar o marcador solicitado, sem sobreposições. O nível 2 indica que entre 2 e 4 operações de deslocamento ou ampliação de escala são necessárias para a visualização. Nível 3 indica que 5 ou mais operações de deslocamento ou ampliação de escala são necessárias.

Domínio:

- a) Nível 1 – Uma operação de *pan* e *zoom*;
- b) Nível 2 – Duas a Quatro operações de *pan* e *zoom*;
- c) Nível 3 – Mais de Quatro operações de *pan* e *zoom*.

6.4.2 Critérios para Tarefas de posicionamento em campo

Para as tarefas de posicionamento *em campo*, os critérios, quando aplicáveis, serão os mesmos. Acrescidos a estes estão os critérios abaixo:

*** Uso do mapa (USOMAP):**

Explicita o quanto foi efetivamente utilizado o mapa em campo, uma vez que o usuário poderia utilizar-se de outros meios para realizar o posicionamento (conhecimento prévio, placas de ruas, pontos de referência).

Domínio:

- a) Total, quando todas as ações do usuário foram efetuadas através de dados extraídos unicamente da análise do mapa;
- b) Parcial, quando há utilização de outros meios.

*** Orientação em campo (ORICAMPO):**

Este critério busca aprofundar a análise da orientação do usuário nas atividades em *campo*, especificamente quanto ao uso do dispositivo em diferentes posições. Seus valores buscam explicitar se o usuário utilizou-se de tentativas de rotacionar ou movimentar o dispositivo para melhorar sua orientação durante a execução da atividade.

Domínio:

- a) Rotacionou o dispositivo para encontrar o posicionamento atual;
- b) Rotacionou o dispositivo para encontrar direção;
- c) Não rotacionou o dispositivo.

*** Iluminação de tela (ILUM):**

Identifica o grau de luminosidade da tela do dispositivo, de acordo com a configuração fornecida pelo sistema operacional do dispositivo.

Domínio:

- a) Grau de luminosidade baixo;
- b) Grau de luminosidade médio;
- c) Grau de luminosidade alto.

O próximo item é exclusivo para Tarefa *campo* 3:

*** Projeção do mapa (PROJ):**

Indica o tipo de projeção utilizada no mapa de navegação.

Domínio:

- a) Ortogonal;
- b) Perspectiva.

6.5 Propostas mitigadoras

Este item descreve o processo de se propor movimentos de mãos (gestos) para a execução de tarefas, no processo de interação com uma interface-mapa. No caso específico do presente trabalho, esta etapa consiste na escolha de aspectos contraproducentes à efetividade funcional da interface que podem ser mitigados pela adoção de novos gestuais ou pela criação de novos mecanismos de interação e de resposta do sistema. Assim, os gestuais surgiram de acordo com aspectos-chave observados na interação, de maneira a permitir a discussão de vantagens e desvantagens do uso de tais movimentos para as interações básicas com os mapas.

O movimento dos dedos está ligado tanto mecânica quanto neurologicamente, o que resulta em movimentos altamente correlacionados (MOSCOVITCH, 2007) de forma que o uso de mais de dois dedos da mesma mão ocasionaria um aumento pouco significativo de graus de liberdade utilizáveis. Assim, para os movimentos de interação na interface proposta, houve uma limitação ao uso de dois dedos simultaneamente. Segundo Santello *et al.* (1998), mais de 80% da variância na postura estática da mão pode ser explicado por apenas dois componentes principais. Estes componentes dizem respeito à abertura e o fechamento por meio da flexão das articulações dos dedos e por meio da rotação do polegar. Assim, a escolha das técnicas a serem discutidas teve como critério a opção por mecanismos de interação em que se utilizem apenas dois dedos.

O prosseguimento desta etapa consistiu na identificação dos aspectos comuns das sugestões de interação e os resultados obtidos nos testes de usabilidade, bem como aferir as vantagens das estratégias para a interação, em comparação com os resultados obtidos em relação àquelas já em uso nos aplicativos de mapas para dispositivos *touchscreen*.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção está dividida de acordo com três grandes itens/etapas: testes de posicionamento *em gabinete*, testes de posicionamento *em campo* e proposições mitigadoras e de novos gestuais. Cada uma engloba os resultados obtidos e a discussão sobre suas causas e consequências para os objetivos desta pesquisa.

7.1 Testes de posicionamento em gabinete

Este item descreve as observações obtidas no teste de usabilidade para usuários de dispositivos com tela sensível ao multitoque. Foi dada ênfase ao levantamento quantitativo de diversos aspectos da interação, apresentados na forma de gráficos. Não há tratamento estatístico, uma vez que o objetivo é a detecção de ocorrências e indicativos. Além disso, a amostra não seria suficiente para detectar características de uso comuns a toda população. Porém, é possível realizar a análise das tendências observadas. É importante frisar que o índice mínimo passível de utilização nestas análises é de 3% (1 usuário em um universo de 30), considerando-se um valor de 15% (6 usuários) como uma variação relevante para análise.

7.1.1 Perfil da Amostra

Foram analisados 90 vídeos, de 30 participantes, cada um correspondente à entrevista, registro de tela e gravação de interações com dispositivo durante a realização de 3 tarefas por cada participante. Os testes

foram aplicados durante o período de Outubro de 2012 a Janeiro de 2013, nas cidades de Florianópolis (8 testes), Curitiba (14 testes) e Manaus (8 testes), em seções de 20 a 35 minutos por participante. Os testes foram realizados em cerca de 8 dias não consecutivos, de acordo com a disponibilidade dos usuários que gentilmente, e sem ônus para a pesquisa, dispuseram de seu tempo.

A amostra é constituída de 30 indivíduos, 16 homens e 14 mulheres, com idade média de 29,2 anos (FIGURA 26) e predominância por usuários que se declararam estudantes do ensino superior.

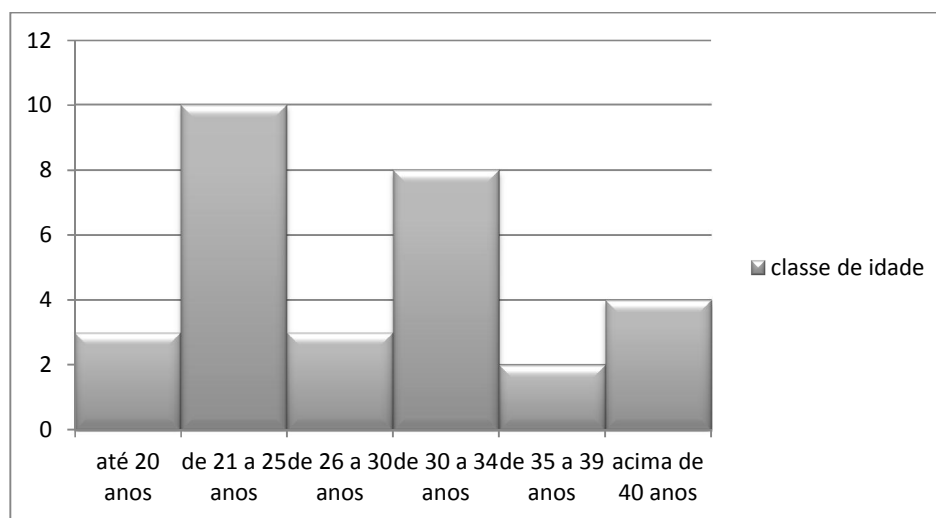


FIGURA 26 - PERFIL DA AMOSTRA – IDADE
FONTE: O AUTOR (2013)

Em relação à ocupação principal, dos 30 usuários entrevistados, 12 se declararam estudantes universitários, 3 professores, 5 profissionais de engenharia (1 engenheiro cartógrafo), 1 geógrafo e outros 9 profissionais diversos da área ambiental, do direito, administração de empresas, estatística, tecnologia e prestadores de serviços (FIGURA 27). Informalmente, apurou-se que 15 usuários atuam ou estudam áreas correlatas à Cartografia, enquanto que a mesma quantidade (15) não possui qualquer relação profissional ou acadêmica com a Cartografia.

O questionário foi aplicado em conjunto com a declaração de concordância com o registro de imagens, sob os termos de participação voluntária

em pesquisa científica, logo no início de cada seção. O mesmo foi composto de quatro perguntas, que ajudam a definir o perfil médio da amostra em relação ao uso de mapas e dispositivos *touchscreen*: usuários comuns de mapas (FIGURA 28), que usam mapas, tanto de uma maneira geral (FIGURA 29) quanto somente em ambiente digital (FIGURA 30) com alguma frequência e com média experiência em dispositivos *touchscreen*, incluindo *tablets*, celulares e monitores (FIGURA 31). Importante acrescentar que ao serem inquiridos sobre as respostas: “sem experiência” ou “nunca”, os usuários relataram que pelo menos uma vez já tinham utilizado o aplicativo *google maps* em ambiente *desktop*.



FIGURA 27 - PERFIL DA AMOSTRA – OCUPAÇÃO DECLARADA.
FONTE: O AUTOR (2013)



FIGURA 28 - PERFIL DA AMOSTRA – EXPERIÊNCIA COM MAPAS.
FONTE: O AUTOR (2013)

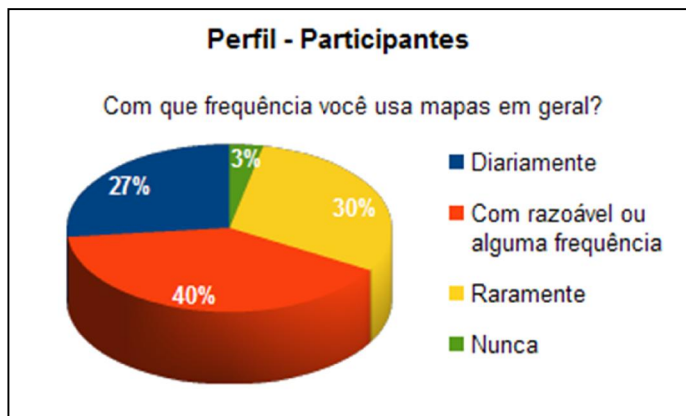


FIGURA 29 - PERFIL DA AMOSTRA – FREQUÊNCIA DE USO DE MAPAS EM GERAL

FONTE: O AUTOR (2013)

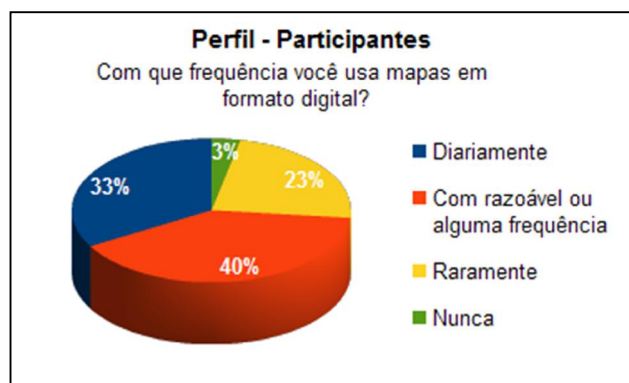


FIGURA 30 - PERFIL DA AMOSTRA – FREQUÊNCIA DE USO DE MAPAS DIGITAIS

FONTE: O AUTOR (2013)

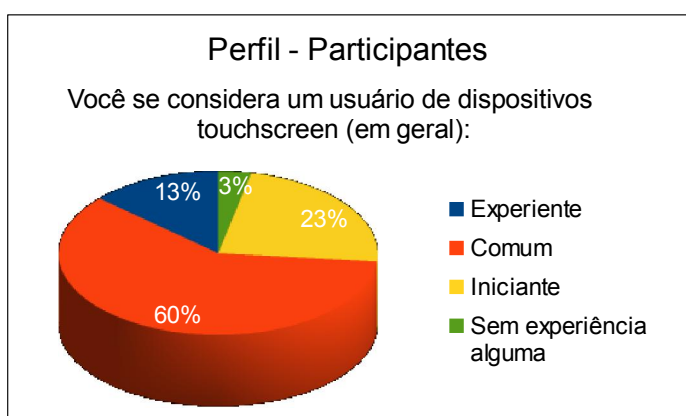


FIGURA 31 - PERFIL DA AMOSTRA – FREQUÊNCIA DE USO DE DISPOSITIVOS TOUCHSCREEN

FONTE: O AUTOR (2013)

Procurou-se variar a distribuição dos fatores passíveis de controle, como o equipamento utilizado e o mapa utilizado durante os testes. Disponha-se permanentemente de um dispositivo Tablet (Motorola Xoom), sendo que o mesmo foi utilizado em 18 dos 30 testes aplicados. De acordo com a disponibilidade das pessoas que gentilmente cederam outros aparelhos, foram usados o equipamento “Ipad” em quatro testes, o Celular “Motorola Defy” em outros quatro e, por fim, o celular “Samsung Galaxy II” em outros quatro testes. Quanto ao mapa utilizado em cada teste, o mesmo variou entre a base cartográfica fornecida pelo *google maps* para as cidades de Curitiba (10 vezes), Florianópolis (4 vezes), Manaus (8 vezes) e Uberlândia (8 vezes) (FIGURA 32).

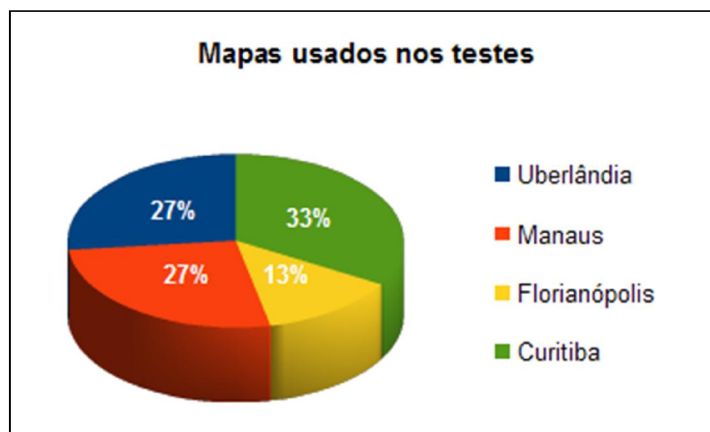


FIGURA 32 - QUANTITATIVO DE MAPAS UTILIZADOS NOS TESTES
FONTE: O AUTOR (2013)

As sessões de entrevistas demonstraram que houve engajamento dos usuários em relação à pesquisa, uma vez que na maior parte dos casos o próprio usuário manteve a iniciativa de narrar o uso do dispositivo, bem como os problemas encontrados. Negativamente, pode-se destacar o fato de que o registro em vídeo da tela do usuário e suas interações por vezes não ser capaz, por conta de problemas de hardware e capacidade de processamento e armazenamento, de proporcionar ao avaliador uma acuracidade de registro. Isto porque o resultado nem sempre possui um número de frames adequado, tendo esta variável uma relação direta com a queda de desempenho e tamanho de arquivos.

De uma maneira geral, ocorreram situações consideradas pelos próprios usuários como críticas nos seguintes aspectos: uso e identificação de funcionalidades do programa; orientação posicional; simbologia do mapa; interação com o dispositivo pelas mãos; resposta da interface. Além destes problemas, intrínsecos à tarefa e aos mapas em si, os usuários também apontaram falhas da interface como um todo que podem ter influenciado negativamente o desempenho. Estas são a forma de digitação no teclado, sensibilidade da tela, o tamanho de fontes e ícones, bem como a velocidade de resposta da tela, todos apontados por usuários como fatores contraproducentes, que permearam todas as fases de execução de testes propostos.

A observação de uso demonstrou que a eficácia nas tarefas propostas foi prejudicada de fato, pelos aspectos citados pelos usuários o que será detalhado nos resultados apresentados nas próximas seções, organizadas por itens avaliados, por tarefa executada e pelos principais aspectos registrados e observados durante as sessões de testes. A seguir descrevem-se os resultados obtidos em cada tarefa de maneira a resumir os registros do método *think aloud* e a observação realizada durante cada sessão de atividades.

7.1.2 Tarefa 1 – Considerações Gerais

A “tarefa 1”, cujo nível de dificuldade foi considerado pelos usuários o maior dentre as três tarefas executadas, consistiu na definição de rota entre dois pontos. Tais pontos, inicial e final, foram selecionados pelo entrevistador de forma aleatória – dentro de uma lista previamente construída e definidos por meio de cruzamentos entre ruas. O tempo médio de execução para esta tarefa foi de 540 segundos (9 minutos) e, quando para o que se espera de uma funcionalidade de busca em um mapa interativo, o desempenho dos usuários na execução da mesma foi considerado aquém das possibilidades: menos de 30% dos usuários conseguiram realizar a tarefa, mesmo que somente parcialmente.

Com o desempenho abaixo da média, os usuários foram inquiridos em relação ao porquê deste seu desempenho. As respostas mais comuns foram variações para: “*não possuo familiaridade suficiente com o programa/interface*”²⁰. De forma direta, foi ainda perguntado acerca da parcela de “culpa” da interface pelos resultados insatisfatórios. As respostas permitiram comprovar que o usuário acredita que a interface é confiável e que as funcionalidades são suficientes. “*Eu apenas ainda não aprendi direito como usá-la*”. A afirmativa corrobora a tese de que o mapa já parte de uma conotação positiva, mesmo que os próprios testes demonstrem que a interface muitas vezes dificulta a ação do usuário.

O que pode ser comprovado com a análise dos principais elementos aventados nos registros das atividades desta tarefa é que, primeiramente, em mais de 90% dos casos houve extrema dificuldade em se utilizar a ferramenta de roteamento disponível no programa. Isto ocorre pelo fato da mesma não ser considerada como uma ferramenta “*intuitiva*” - conforme palavras dos entrevistados - a ponto de permitir facilmente a utilização do que grande parte dos usuários identificou como a melhor estratégia cognitiva para a execução da tarefa (FIGURA 33). Ora, se há uma estratégia bem definida, o papel da interface é proporcionar meios para que sua execução seja realizada de forma clara e natural. As razões apontadas para tal dificuldade foram, primeiramente o fato de não haver (ou pelo menos de que não foi possível encontrar) uma forma de se identificar o ponto (esquina) no mapa; a ausência de uma indicação clara de como ativar a ferramenta; e a dificuldade em se entender como é a ordem esperada de ações para a execução do processo.

Esta tarefa é dividida em pelo menos 3 etapas: a busca pelo ponto inicial e pelo ponto final, a materialização destes pontos no mapa e a confecção de uma rota que faça a ligação entre ambos. As soluções tentadas pelos usuários foram diversas, e modificaram a estrutura prevista na metodologia preliminar de apenas

20 Palavras de um usuário. Outras transcrições de afirmações de usuários permeiam este capítulo e estão identificadas pela formatação em itálico, entre aspas.

dois métodos possíveis para a execução da tarefa, o que será detalhado ainda neste capítulo.

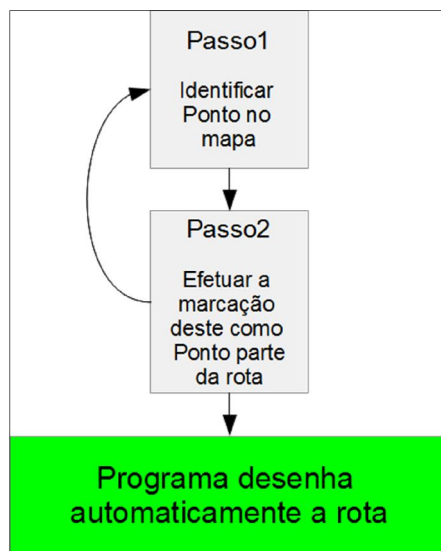


FIGURA 33 - REPRESENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA PARA A EXECUÇÃO DA “TAREFA 1”

FONTE: O AUTOR (2013)

Também se pode notar que os usuários têm dificuldade em saber se suas ações geraram uma reação, o que em IHC se chama de *retorno*. Ao clicarem em um ponto qualquer no mapa, os usuários fizeram a assumpção de que algum tipo de janela se abriria com opções sobre “o que fazer” com o clique efetuado, aos moldes do que ocorre com o uso do botão direito do mouse em ambiente *Windows*. Usuários destes sistemas comumente tem o mesmo problema ao utilizar aplicativos em computadores *desktop Apple*, já que os mesmos não têm sequer mais de um botão no mouse. Porém, a limitação nesse caso é física do dispositivo de entrada. No caso dos dispositivos com tela sensível ao toque, os usuários foram quase unânimes em afirmar que esperavam algum tipo de resposta da interface, face às diversas interações realizadas²¹.

21 Em item posterior serão abordadas as questões sobre as interações inúteis

Ainda com relação às observações registradas durante as sessões de *think aloud*, é possível afirmar que o passo 1 da estratégia traçada pelos usuários foi de difícil execução, dada a natureza da tarefa. Isso porque o ponto inicial e o ponto final da rota são formados pela junção de duas ruas, localizando-se em uma esquina, numa grande cidade na qual o usuário não tem conhecimento prévio. A situação em si não é incomum, mas como os usuários sabem como funciona a ferramenta *google maps*, acostumaram-se a precisar inserir, para calcular uma rota, dois logradouros, o que torna a tarefa diferente das situações na qual os usuários declararam estar habituados a usar a ferramenta. Porém, foi imperiosa a necessidade apontada pelos usuários de se materializar o ponto na interface-mapa, conforme a declaração de um usuário: “*pra que eu não me perca, gosto de marcar o ponto*”, o que expressa o raciocínio corrente entre a maior parte dos usuários.

A familiaridade com a ferramenta em outros ambientes, citada anteriormente neste texto, possui o efeito positivo de produzir uma estratégia cognitiva bem definida para execução da tarefa, uma vez que o usuário sabe, ou pelo menos tem noção, das possibilidades da ferramenta. Porém, tal predicado faz com que haja frustração quando da não-existência, no aplicativo e sistema testado, de funcionalidades já vistas em outras versões e sistemas. Um exemplo se dá quando o usuário tenta executar uma operação de arraste do marcador (9% dos usuários tentaram realizar tal operação) de forma a movê-lo para a esquina desejada. Enquanto tal possibilidade é nativa das versões *desktop* desde 2008, na versão do aplicativo à época dos testes (início de 2013), tal funcionalidade de edição não existia, e ocasionou, nos usuários, frustração de ordem severa.

Porém, o aspecto primordial do insucesso na tarefa diz respeito ao excesso de interações necessárias para a execução da mesma usando a ferramenta de rotas nativa do programa, o que torna a funcionalidade pouco amigável ao usuário menos experiente: são necessários pelo menos 4 cliques na interface para que, no sistema *android*, seja possível a marcação de ponto no mapa como ponto

inicial da rota. Além disso, a simbologia dos botões utilizados para ativação e utilização da ferramenta foi apontada como a principal vilã da interface por aproximadamente 60% dos usuários, em conjunto com a ausência de *retorno* quando de cliques e outras interações. Acerca destes últimos itens, dentre as frases mais ouvidas durante os registros das atividades estão “*não achei a ferramenta*” e “*não sei o que aconteceu agora*”. Ainda sobre o *retorno*, um dos usuários pergunta durante a execução da tarefa, após efetuar a busca de uma rua: “*Por que a rua inteira não muda pra ficar destacada quando o mapa mostra o resultado da busca?*”, enquanto outro usuário acha como primeiro resultado da busca um nome de rua idêntico ao solicitado, porém ao clicar nesse resultado não nota que o ponto de vista é deslocado para outra cidade.

7.1.2 Tarefa 2 – Considerações Gerais

A “tarefa 2” consistia na utilização do mapa para identificar um marcador pelo número associado a ele. O usuário precisava, para provar a correta identificação do ponto, associá-lo a uma referência espacial (ruas, bairros, pontos notáveis, coordenadas, pontos cardeais), de forma a garantir que um observador chegue de forma inequívoca ao local. O contexto utilizado pelo entrevistador foi de fazer a associação dos pontos previamente inseridos no mapa com obras que devem ser fiscalizadas pelo CREA da cidade. O usuário é inquirido a agir como um agente do referido órgão e proceder a identificação, por meio do mapa no dispositivo móvel, de determinadas obras, escolhidas de maneira aleatória. A maioria dos marcadores pré-definidos possuíam intencionalmente outros marcadores próximos, de maneira que os mesmos só pudessem ser distinguidos se vistos em escalas grandes.

O grau de dificuldade para esta tarefa foi considerado majoritariamente como menor pelos usuários, especialmente entre os que foram contemplados com a exibição da “lista de conteúdo” - chamada de “TOC”, *Table of Contents*, em

programas de visualização de dados espaciais, que é a listagem das camadas ativas em um mapa interativo. Tal ferramenta possibilita o acesso inicial aos números correspondentes a cada marcador que aparece no mapa e permite que, por meio de clique, o marcador seja identificado, em um modelo de raciocínio bastante semelhante ao de diversas aplicações comuns nas interfaces tradicionais. Aleatoriamente, tal funcionalidade foi habilitada ou escondida para cada usuário, no início da execução da tarefa. Entretanto, devido às particularidades de cada sistema operacional utilizado, nem sempre a presença da ferramenta significou um desempenho adequado. Tal fato decorre tanto pela própria funcionalidade do programa, que em alguns casos não efetuou o deslocamento do ponto de vista para o ponto selecionado, quanto pelo próprio usuário, que não conseguiu descrever adequadamente a localização do ponto.

O tempo médio de execução para a “tarefa 2” foi de 359,8 segundos, ou aproximadamente 6 minutos e praticamente todos os usuários foram inquiridos a marcar pelo menos um ponto com nível de dificuldade considerado difícil. A análise dos registros obtidos durante a realização da tarefa comprovou que, a despeito da pretensa familiaridade com a interface, os usuários tiveram problemas em identificar referências espaciais. O mais comum foi a utilização da proximidade com cruzamentos entre ruas, o que causaria confusão em uma situação real: a maioria das esquinas apontadas como localização da obra possuía mais de um ponto localizado nas proximidades, por vezes na mesma esquina.

Além disso, foram detectados problemas na relação cognitiva entre ampliação de escala e exibição de informação: talvez em parte por conta da experiência na tarefa anterior, quando a simbologia de ruas da base cartográfica tornava-se visível segundo a escala, muitos usuários esperavam que o mesmo acontecesse com a identificação dos pontos. Também é digna de nota a ocorrência de problemas com a não identificação de ferramentas. Praticamente todos os usuários que precisaram ativar a funcionalidade de TOC tiveram algum tipo de problema para identificar a forma de torná-la visível. Segundo um dos

entrevistados, faltava *“claridade nos botões ao redor do mapa, bem como no mapa em si”*.

Aproveita-se aqui para se comentar que parâmetros de qualidade de dados espaciais e simbologia cartográfica propriamente dita ocasionaram menos problemas no uso, porém foram notados pelos usuários, em especial nesta tarefa, cuja necessidade de compreensão do espaço geográfico mapeado era ligeiramente maior que a primeira. Alguns usuários comentaram sobre a ausência de pontos notáveis: *“não é possível que não haja mais nada aqui”*; a relação destes pontos com a escala: *“não está certo só mostrar o comércio só agora”*. Outros comentaram sobre a indicação do Norte: *“Não faço ideia para onde aponta o norte”*. Alguns ainda comentaram sobre a solução para a identificação dos bairros: *“Como vou saber se aqui é o bairro X ou o bairro Y?”*. Tais registros denotam que há aqui um problema grave relativo ao que se primordialmente espera do uso de um mapa.

Foi registrada ainda reclamação da sobreposição de símbolos da interface-mapa com outros elementos da interface: *“Como posso ver o nome da rua onde fica o ponto se há um balão em cima dela?”*. A sobreposição de informações na tela é comum em dispositivos de tela pequena, porém deve-se pensar na influência negativa do fato para a execução de atividades e minimizar seu efeito sobre a frustração do usuário.

Em termos de desempenho, a eficiência foi menor quando o entrevistador propôs a identificação de obras com maior nível de dificuldade, uma vez que tais pontos necessitavam de uma maior quantidade de operações de ampliação de escala para um nível aceitável de distinção entre os símbolos. Aproximadamente 80% dos usuários com desempenho igual a 5 (que indica que a tarefa foi executada em parte, em geral por conta do uso de referências que não permitiam a identificação inequívoca do local do ponto), foram inquiridos a procurar pelo menos um ponto com grau de dificuldade máximo. Este índice chega a 100% para usuários com desempenho insatisfatório (variável “desempenho” igual a 0). Ou seja, o grau de dificuldade para localização da obra foi avaliado de acordo com a quantidade de operações necessárias para visualização do símbolo, sem

sobreposições. Conforme este grau de dificuldade aumentou, pior o desempenho dos usuários.

Tal fato contribui para demonstrar que apesar do alto grau de interação entre usuário e interface e do caráter básico das operações aqui analisadas, os usuários nem sempre irão explorar a contento as possibilidades do mapa se não for inserido algum tipo de auxílio. No caso da presente tarefa, fazia-se necessária algum tipo de indicação em relação à frequente sobreposição de símbolos no mapa (FIGURA 34).



FIGURA 34 – SOBREPOSIÇÃO DE FEIÇÕES NA TAREFA 2
FONTE: O AUTOR (2013)

Outro ponto importante que foi possível observar diz respeito ao fato da opção de se clicar em um marcador para obter informações acerca do mesmo não ser tão óbvia quanto a princípio possa parecer: 39% dos usuários que não tinham a TOC inicialmente visível em sua interface demoraram a perceber, não perceberam em geral ou optaram por não clicar no marcador para identificá-lo. Tal

fato denota que há, entre os usuários de mapas interativos, um grupo que tem uma certa resistência a efetuar interações e que deve ser considerado no projeto das funcionalidades e ferramentas de interfaces cartográficas.

Ao mesmo tempo em que, durante o uso, foi posta em cheque a completude de dados cartográficos do mapa utilizado, os usuários, ao serem inquiridos, foram unânimes em não apontar tal característica como relevante, nem mesmo como preocupante, uma vez que os dados eram os mesmos que eles utilizavam sempre em suas buscas e que sempre *“cumpriram bem sua função”*. Tal afirmação corrobora para a ideia já apresentada no resumo geral da “tarefa 1”: mesmo identificando problemas graves dos mapas, o usuário tende a achar que o problema de um desempenho não tão satisfatório é a sua própria falta de experiência com os mapas.

Embora se possa notar o efeito da “padronização” da simbologia *google* no mercado (CARTWRIGHT, 2010), é fato que tal onipresença contribui positivamente para a familiarização do usuário com mapas. Entretanto, esta onipresença influencia as preferências dos usuários, uma vez que, no que diz respeito à interação, parece ser comum a aversão e dificuldade inicial com o novo. Isto explica em parte a “vitimização” do mapa, em um contexto crítico de avaliação. Os próprios usuários apontam sua falta de familiaridade com o tipo de interação – usando as mãos – ou mesmo com o programa adaptado para os dispositivos móveis como “culpados” por um eventual mau desempenho. Entretanto, é preciso analisar criticamente se tal influência tem um papel cognitivo positivo nas tarefas de ordem espacial. Tendo a presente tarefa como pano de fundo, é importante desde já destacar que 36% dos usuários que se manifestaram satisfeitos com a interface como um todo e suas funcionalidades não desempenharam com 100% de êxito as atividades solicitadas. Este percentual sobe para 54% quando se confrontam os dados de satisfação positiva e percepção de desempenho negativa, ou seja, estes 54% se dizem satisfeitos, mas também consideraram seu desempenho como insatisfatório.

Da mesma forma que o ocorrido na “tarefa 1”, usuários sentiram-se frustrados e desencorajados ao tentar explorar a interface, já que após algumas

interações reclamaram que não sabiam se tinha acontecido alguma coisa. Em alguns casos, os usuários entregaram o dispositivo ao entrevistador expressando que o mesmo havia “travado” ou “parado de funcionar”. Tais ações denotam ausência de *retorno* da interface, em muitos casos causada pelo travamento momentâneo de funcionamento de programas. Por vezes o usuário interagia com a interface no exato momento em que uma solicitação anterior estava sendo processada e ainda não concluída, o que ocasionava a ausência de resposta da interface.

Outro problema demonstrado durante a interação nesta tarefa foi relacionado à ampliação e redução de escala, já que esta foi a ferramenta de interação prioritária para a execução da tarefa. O primeiro ponto observado está relacionado ao fato de que para o usuário parece mais óbvia a operação de ampliação de escala em contraste à redução. Uma vez que o problema foi percebido consistentemente, o entrevistador procurou saber o porquê da mudança na forma de se fazer o zoom. As respostas variaram entre “*não percebi a mudança*” até “*acho assim mais confortável para alguns casos*”. A análise das interações permitiu, porém, entender que em geral as reduções de escala procuram uma maneira rápida de se conseguir visualizar um “todo” da imagem do mapa, enquanto que a ampliação da escala se dá em um ponto específico. A interação por pinça, pelo que se observou, é naturalmente mais eficiente quando da ampliação da escala, mas parece um tanto quanto menos eficiente aos olhos do usuário quanto o botão de redução da escala ou mesmo a volta ao status inicial do mapa. Há a possibilidade desta impressão se dar por conta da ausência de um mapa de referência, hipótese esta que necessitaria de testes específicos para a comprovação.

Ainda sobre a ampliação e redução de escala, os registros dos testes demonstraram que há a necessidade, para a execução de tarefas da mesma natureza que a “tarefa 2”, de uma forma de se voltar a uma visualização do todo, como demonstram aproximadamente 27% dos usuários. Outras funcionalidades requisitadas, mesmo que não explicitamente, foram uma função que garanta a volta a um ponto de vista anterior, bem como funções que permitissem o controle

da velocidade com que se amplia e reduz a escala e com que se movimenta o ponto de vista central do mapa.

Um mapa deveria despertar no usuário a percepção do espaço que representa e por consequência proporcionar uma noção real do que existe na região mapeada. Por outro lado, sabe-se que as pessoas conhecem a organização do mundo que vivemos e tendem a aplicar seus conhecimentos prévios no entendimento daquilo que veem. Um exemplo do contraste entre o que se vê e o que o cérebro processa é notar que pelo menos 30% dos entrevistados afirmou acreditar que havia uma lógica entre os números que identificavam as ART's e sua distribuição espacial. *“Se a obra de número 1 está neste local, é provável que a 2 e a 3 estejam abaixo, crescendo em sentido horário”* ou *“Acho que existe alguma lógica pra esses números, talvez de dentro pra fora do mapa os números vão crescendo”* foram algumas das teses levantadas pelos usuários durante a execução da tarefa. Tais declarações também explicitam o afloramento da condição de agrupamento, que demonstra a tendência de assumir que símbolos iguais formam um grupo, com alguma lógica organizada por trás da sua representação.

7.1.3 Tarefa 3 – Considerações Gerais

A “tarefa 3” consistia na indicação de uma rota entre dois pontos próximos (menos de 1,5 km) previamente materializados no mapa, bem como na estimativa de distância entre eles. Foi explicado que a rota deveria ser apresentada ao entrevistador de forma que o mesmo, de posse do dispositivo contendo o mapa, pudesse caminhar de um ponto a outro, já antevendo a distância a ser percorrida. O uso da ferramenta “régua” nesta atividade foi incentivado nos casos em que o usuário teve problemas com a estratégia para geração de rota, especialmente os usuários que tentaram utilizar, sem sucesso, a ferramenta de roteamento do programa. Esta tarefa foi avaliada como de dificuldade intermediária pelos

usuários, que levaram, em média 330,5 segundos, ou 5,5 minutos, para executar a atividade solicitada, com um percentual de 43% com desempenho considerado completamente satisfatório. Nesta atividade, procurou-se entender como o usuário lida com a mesma exigência da primeira tarefa, porém dados pontos próximos já materializados no mapa, o que poderia eliminar uma das variáveis apontadas como problemática na execução do processo: a marcação de pontos no mapa e o uso da ferramenta automática de rotas. Entretanto, apenas em parte o intento foi alcançado: mesmo usuários que tiveram problemas em acionar a ferramenta de rotas continuaram a assumir que a única forma de se produzir uma rota entre dois pontos ocorre por meio automático, informando-se pontos iniciais e finais. A impressão é que o conceito de rota, para os usuários, não poderia ser materializado por meio da descrição falada ou escrita, ou por qualquer tipo de indicação no próprio mapa para 90% dos entrevistados. Os usuários mais uma vez demonstraram que possuem uma tendência à materialização da interação com o mapa.

A opção a esta materialização automática de uma rota foi a utilização da ferramenta régua. Boa parte dos usuários, mesmo dentro os que trabalham na com Cartografia e afins, demonstrou não conhecer este tipo de função, comum em programas de edição vetorial de dados em geral, bem como em aplicativos SIG. A maior parte ainda, não notou a presença do ícone relativo à ferramenta, independentemente do tamanho do mesmo, já que em alguns dispositivos o mesmo assumia um tamanho similar a todos os outros botões contidos na interface. A ausência de experiência com a ferramenta provocou resultados expressivos em termos de interação natural, já que foi possível observar a tentativa, em pelo menos 30% dos testes, de se utilizar a ferramenta “régua” por meio de uma interação completamente diferente da pensada pelo fabricante para seu uso – o desenho da distância por meio do clique + arraste. A análise dos registros permite observar a repetição dos principais aspectos aventados pela observação da execução das tarefas anteriores, como a problemática relativa à semiologia gráfica das funcionalidades na interface e o número excessivo de cliques incorretos e sua relação direta com a ausência direta de *retorno* ao

usuário. Ainda, foi possível notar que, em um primeiro momento, poucos usuários perceberam a ferramenta “régua”, não associando seu possível uso com um dos principais aspectos da tarefa solicitada. Também foi retratada dificuldade para clicar corretamente no botão para ativá-la e durante o seu uso ocorreram problemas: *“o ponto não fica exatamente aonde eu cliquei”* ou *“não entendo como isso funciona”*. Além disso, os usuários esperavam que a mesma possuísse algum tipo de *snap* de forma a garantir que o vetor desenhado fosse utilizado em linha reta, ou mesmo que garantisse de alguma forma que o mesmo fosse traçado por caminhos possíveis, ou seja, passando por ruas e vias públicas.

Com o pensamento de que a familiaridade com a ferramenta garantiria um desempenho melhor, alguns usuários solicitaram para que suas interfaces fossem mantidas como no ambiente *desktop*. Para viabilizar a solicitação foram providenciadas interfaces do tipo *web*, acessadas pelo navegador web do dispositivo ao invés do aplicativo de mapas instalado. A interação, porém, ficou claramente prejudicada devido ao fato de que, nestes sistemas, uma página *web* funciona de forma semelhante, independentemente do seu conteúdo, o que não necessariamente contempla as específicas funcionalidades de um mapa. O depoimento de um usuário retrata o sentimento dos que optaram pelo uso da ferramenta régua no mapa visto no navegador: *“a interface web não possui sensibilidade adequada para a superfície de toque do tablet, simplesmente não dá pra usar a ferramenta”*.

7.1.4 Percepção de Carga de trabalho

O formulário de carga de trabalho é um instrumento para a mensuração da percepção do usuário em relação a qualquer atividade física e mental realizada, em especial quando se deseja entender quais aspectos específicos da tarefa exigem mais do indivíduo. Por meio de sua análise é possível analisar que os elementos considerados críticos pelos usuários foram sua percepção de

desempenho e de esforço, resultado atestado pelas médias obtidas, sendo a maior delas relacionada à percepção do desempenho (quanto maior o valor maior a percepção de desempenho fracassado).

Pela análise dos formulários, pode-se concluir que a “tarefa 2” foi a que gerou menos exigências e teve a percepção mais branda em relação a todos os itens do formulário, enquanto que a “tarefa 1” foi responsável pelos mais altos níveis de carga de trabalho (FIGURA 35). É possível ainda correlacionar os resultados de características pessoais do usuário, como a idade (FIGURA 36), experiência no uso de mapas em geral (FIGURA 37), frequência de uso de mapas em geral (FIGURA 38), experiência no uso de mapas digitais (FIGURA 39), experiência no uso de dispositivos *touchscreen* (FIGURA 40) e tipo de dispositivo utilizado nos testes (FIGURA 41).

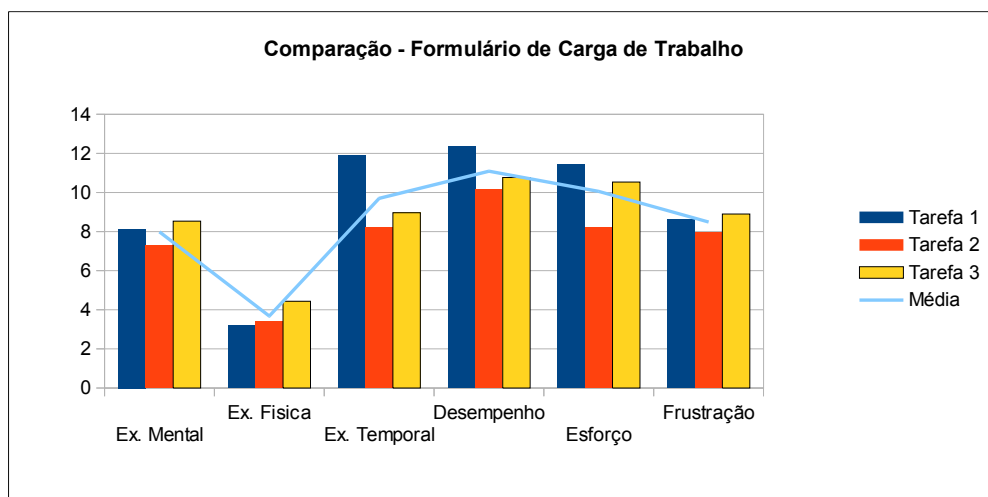


FIGURA 35 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – GERAL
 FONTE: O AUTOR (2013)

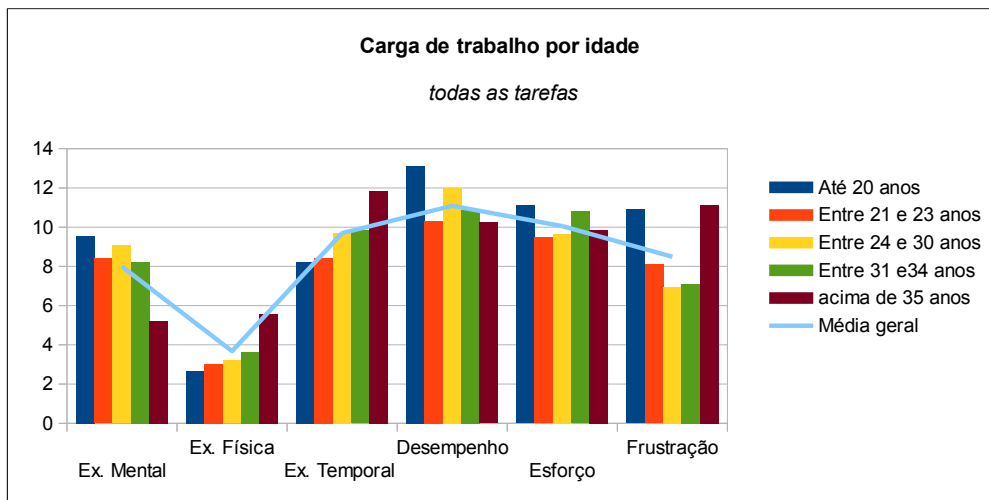


FIGURA 36 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – POR IDADE
 FONTE: O AUTOR (2013)

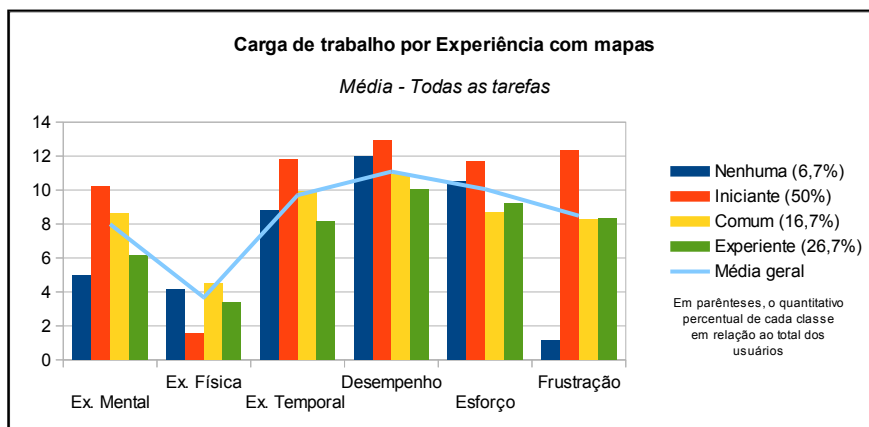


FIGURA 37 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – EXPERIÊNCIA EM MAPAS
 FONTE: O AUTOR (2013)

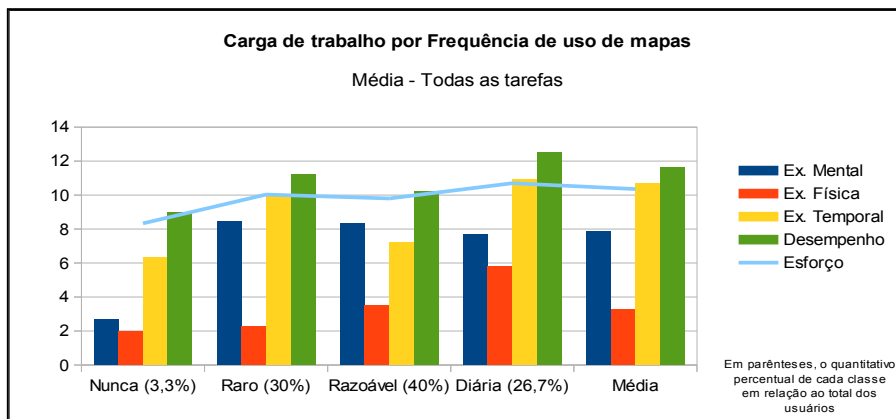


FIGURA 38 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – FREQUÊNCIA NO USO DE MAPAS
FONTE: O AUTOR (2013)

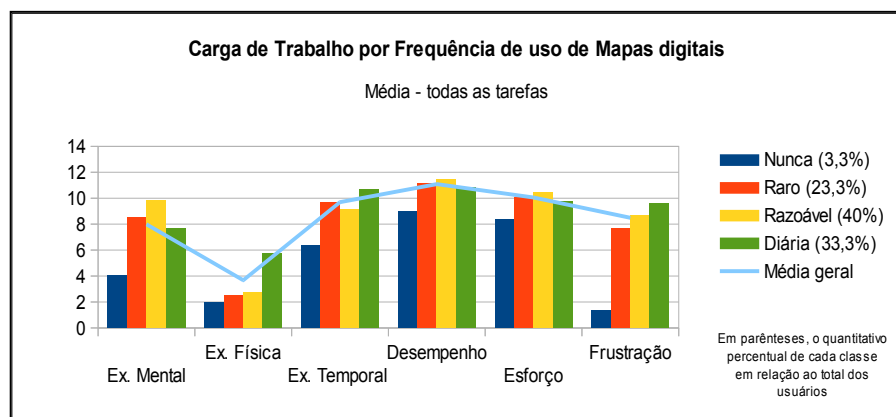


FIGURA 39 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – EXPERIÊNCIA EM MAPAS DIGITAIS
FONTE: O AUTOR (2013)

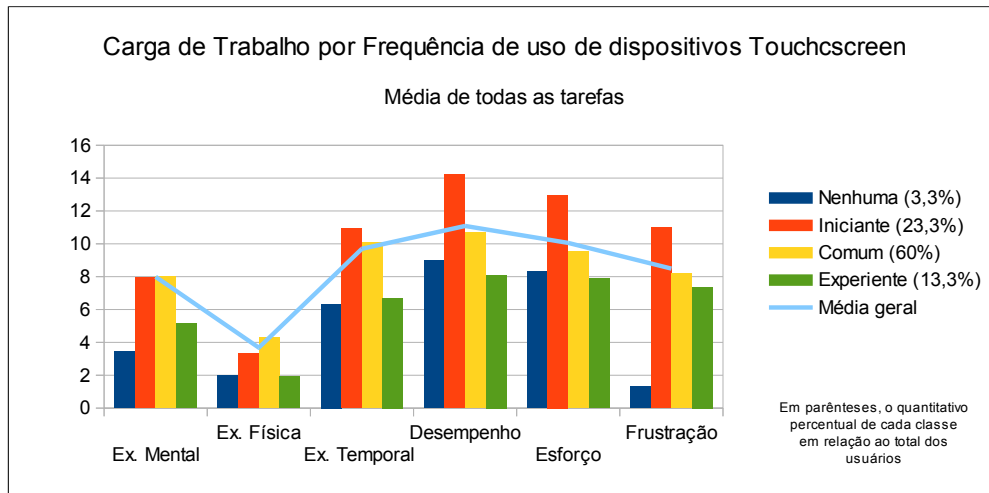


FIGURA 40 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – EXPERIÊNCIA COM DISPOSITIVOS TOUCH
 FONTE: O AUTOR (2013)

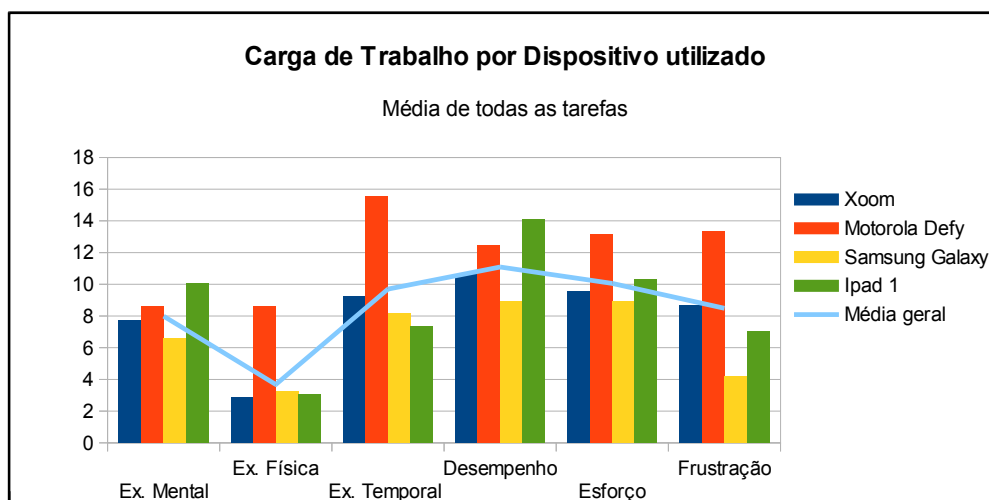


FIGURA 41 - RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE CARGA DE TRABALHO – DISPOSITIVO UTILIZADO
 FONTE: O AUTOR (2013)

Analisando os gráficos, pode-se notar que há uma maior influência dos dois últimos itens, a experiência com os dispositivos com tela sensível ao toque e o dispositivo usado durante os testes, na correlação com o formulário de carga de trabalho. Os resultados variam sensivelmente além da média na média total das tarefas. Pode-se observar que há uma tendência onde usuários experientes em

dispositivos do tipo *touchscreen* possuem uma percepção de carga de trabalho bastante reduzida em relação aos usuários que se consideram iniciantes. As maiores cargas relativas são encontradas nos itens desempenho e esforço.

Em relação aos dispositivos, pode-se notar que há, de forma genérica, uma menor percepção de carga de trabalho entre os usuários que utilizaram o dispositivo *Galaxy S2*, de tecnologia *touchscreen* mais recente e com uma relação ergonômica mais atraente que o pequeno *Motorola defy* e os pesados e “desconfortáveis” *Xoom* e *Ipad 1*, mesmo que estes dois últimos possuam uma tela maior. A resolução em *ppi* também pode ser considerada como um fator com potencial de definir a percepção do usuário em termos de exigências.

No decorrer dos próximos itens serão correlacionados os resultados observados em termos de variáveis de uso e as respostas de carga de trabalho, caso haja indícios da existência de relação positiva ou negativa entre as variáveis.

7.1.5 Posição Majoritária (POSMAJ)

A posição de uso foi avaliada majoritariamente, ou seja, o maior tempo de uso foi considerado na avaliação deste critério. Os resultados obtidos demonstram que usuários tendem a segurar o equipamento de forma a adequar suas características físicas (tamanho das mãos e força e cansaço nos braços) às características do ambiente (presença ou ausência de mesas) e sua preferência subjetiva. A extensão do mapa a ser analisado não pareceu ter qualquer relação com a decisão do usuário, bem como, o tamanho do equipamento usado.

Por meio do relato dos usuários, foi também notada a influência da inclinação da tela em relação às mãos que interagem com a mesma especialmente na posição do ponto clicado. De uma forma massiva, o aspecto do clique em uma posição não desejada foi apontado como fonte de frustração para a maior parte dos usuários, o que pode estar também relacionado ao ângulo

formado entre a superfície de toque e o instrumento apontador (dedos), bem como à resolução da superfície de toque em relação à superfície útil.

A posição majoritária utilizada para a manipulação da interface foi o uso do mapa em um aspecto vertical, ou seja, em 70% dos casos há uma área útil maior para representações ao longo de um eixo norte-sul, em detrimento do eixo leste-oeste. Esta orientação não mudou de forma a abrigar uma melhor visualização de acordo com o mapa analisado. Além disso, majoritariamente os usuários preferem utilizar móveis como descanso para braço e segurar o dispositivo com as mãos, efetuando em geral as interações com uma das mãos apenas – em geral a mão de uso na escrita (FIGURA 42) (FIGURA 43). Entretanto, nota-se que com o passar do tempo, o usuário provavelmente por cansaço, tende a considerar a ideia de deixar o dispositivo na mesa enquanto realiza a interação, tendo a “tarefa 3”, última a ser realizada, o mesmo percentual para uso do dispositivo apoiado nas mãos e de uso com o dispositivo sobre a mesa.

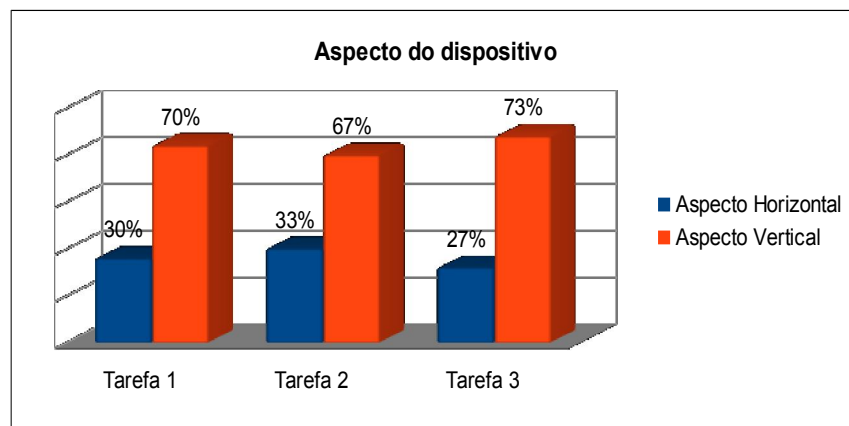


FIGURA 42 - ASPECTO DA POSIÇÃO MAJORITÁRIA DE USO
FONTE: O AUTOR (2013)

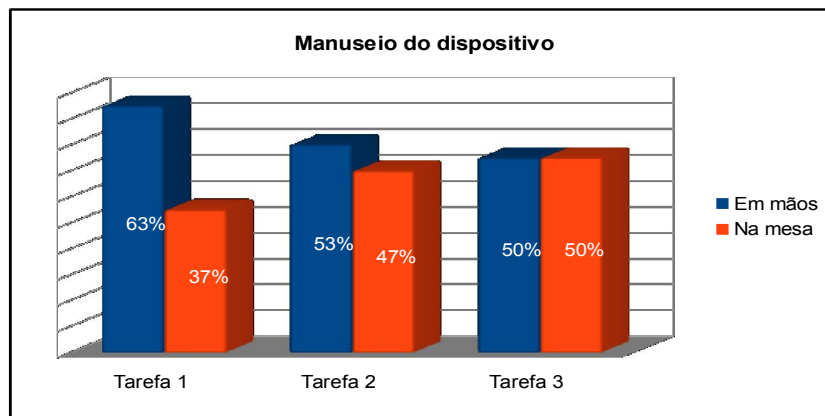


FIGURA 43 - MANUSEIO DO DISPOSITIVO
 FONTE: O AUTOR (2013)

Considera-se o momento em que o usuário inicia a primeira tarefa e trava o primeiro contato com o mapa como o melhor momento para avaliação da influência da extensão do mapa na decisão de segurar o dispositivo na horizontal ou na vertical. Dos 4 mapas utilizados, 2 representam uma área de análise – identificada pela colocação de quatro marcadores nos limites da simbologia usada para áreas urbanas – com uma extensão leste-oeste maior do que a extensão norte-sul. Em um deles a razão entre a distância entre os pontos limítrofes de símbolos urbanos (critério para definição da extensão) é maior que 1,5 em favor do eixo leste-oeste enquanto que no outro esse valor é menor que 1,5. A mesma situação pode ser observada nos dois mapas restantes, porém invertendo-se o aspecto: ambos têm um aspecto norte-sul, uma vez que sua extensão é maior ao longo deste sentido. Um dos mapas possui uma razão maior que 2, em favor do sentido norte-sul, enquanto o outro 1,3.

Já nos próprios dispositivos, a relação altura *versus* largura tende sempre para o sentido vertical, sendo esta, por exemplo, de 1,46 no *Xoom* e de 1,89 no *Galaxy SII*. Tal relação certamente influencia na decisão inicial de como segurar um dispositivo móvel, o que explica os resultados da Figura 40, uma vez que o projeto ergonômico já preconiza o uso em uma posição específica. Porém independentemente do aspecto do dispositivo, em aplicações cartográficas digitais, o usuário pode se beneficiar de um menor número de operações de

ampliação/redução de escala e deslocamento de ponto de vista ao segurar o aparelho de forma a emular o aspecto da área geográfica em estudo.

A análise dos testes demonstra que usuários que optaram pelo uso do dispositivo no aspecto horizontal utilizaram, em sua maioria, os mapas da cidade de Curitiba e da cidade de Florianópolis (FIGURA 44). Tais mapas possuem uma orientação predominantemente norte-sul, o que constitui um aspecto não condizente entre o aspecto do dispositivo e a extensão do mapa. Ao se analisar a relação entre frequência e experiência no uso de mapas e a situação de uso de um aspecto não condizente com a extensão do mapa, verifica-se que o problema ocorre com a maior parte dos usuários (72%), não ocorrendo distinção aparente entre as classes.

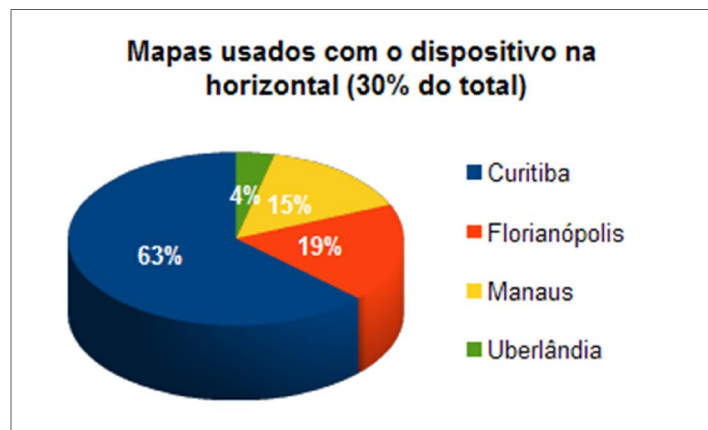


FIGURA 44 – MAPAS USADOS NO ASPECTO HORIZONTAL
FONTE: O AUTOR (2013)

O uso de um aspecto condizente com a extensão do mapa ocasionou até 13% a mais de ocorrências de desempenho considerado adequado, o que pode indicar uma tendência positiva de que a orientação e aspecto sejam determinantes para o desempenho (FIGURA 45). Dada a diferença entre usuários que utilizaram o aspecto condizente com o aspecto não-condizente, entretanto, convém um maior número de observações para que se confirme o indício.

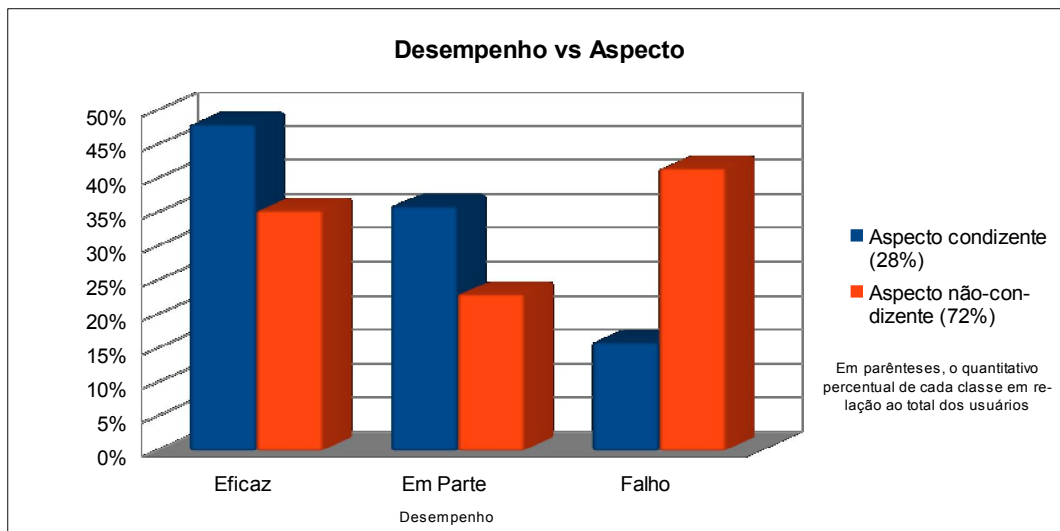


FIGURA 45. DESEMPENHO VERSUS ASPECTO DO DISPOSITIVO
 FONTE: O AUTOR (2013)

Apesar disso, parece haver uma relação entre a percepção de carga de trabalho e essa concordância entre aspecto e extensão do mapa (FIGURA 46). Quando analisadas as médias das notas atribuídas na escala do formulário de Carga de trabalho para todos os itens à exceção da Exigência Física, nota-se que o desempenho é sempre melhor quando o usuário utiliza o aspecto condizente, ou seja, o dispositivo orientado no mesmo aspecto que a extensão do mapa.

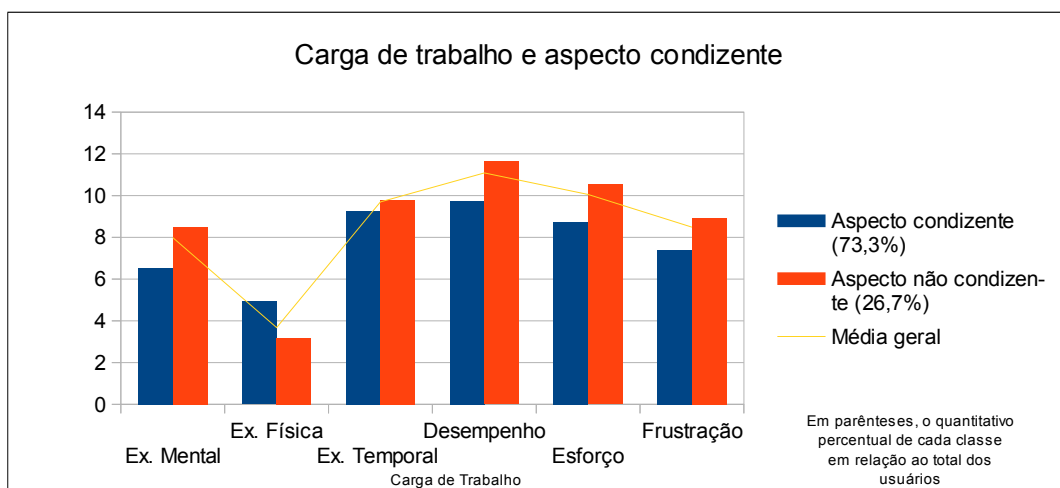


FIGURA 46 - CARGA DE TRABALHO E ASPECTO CONDIZENTE
 FONTE: O AUTOR (2013)

7.1.6 Variação do Norte e Confusão posicional

O problema apontado no item anterior, em relação ao aspecto condizente entre o mapa e a posição de uso do dispositivo pode ser resolvido com a simples rotação do Norte do mapa a ser utilizado. A rosa dos ventos indicativa do Norte na interface do programa testado permanece incógnita até que o usuário execute algum tipo de interação que a movimente, ou seja, o mapa pode ter seu Norte rotacionado. Esta interação é do tipo multitoque e ocorre quando há um gesto de “girar”, movimentando-se em arraste no mínimo dois dedos simultânea e circularmente na tela.

Durante a execução dos testes ocorreram poucas ocorrências de variação da posição do Norte, mais precisamente 16,7% do total (FIGURA 47). Porém, quando estas aconteceram, usualmente não foram provocadas conscientemente pelo usuário, de forma que movimento é tão sutil que este também não percebe a variação e o mapa assim permanece até o final da interação. Na amostra do presente trabalho, 16,7% dos usuários tiveram alguma ocorrência não intencional de variação do Norte no mapa, índice aqui avaliado como um indicativo de que a funcionalidade precisa ser revista de forma a evitar a interação inútil. Apenas 2,2% dos usuários variaram a posição do Norte intencionalmente, de forma a utilizar tal funcionalidade como um fator de ganho de eficiência durante a execução da tarefa.

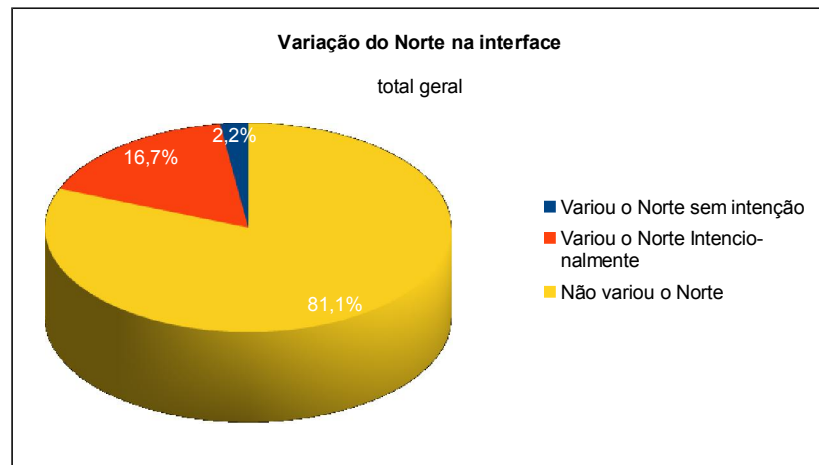


FIGURA 47 - VARIAÇÃO DO NORTE NA INTERFACE
FONTE: O AUTOR (2013)

Não foram encontradas evidências que demonstrem uma ligação entre os resultados da ocorrência de variação do Norte na interface e características pessoais, ou dos resultados do formulário de Carga de Trabalho, bem como dos demais indicadores de desempenho. Tal fato pode ser explicado pelo fato de a “tarefa 1” não exigir respostas acerca sobre orientação posicional a partir de pontos cardeais. Também não houve ocorrências suficientes de uso intencional da rotação do Norte – o que demonstra que esta solução é ainda pouco óbvia para usuários de mapas – para avaliarem-se os benefícios na eficácia e eficiência de tal ação.

Por terem relação óbvia e indistinta, a rotação do Norte do mapa digital parece a princípio ligada à ocorrência de confusão em relação à orientação espacial. Este critério consiste na análise de eventuais problemas relativos ao uso de pontos cardeais, à comparação de grandezas (escala), ou a qualquer simbologia presente no mapa apontada como referência e utilizada na orientação espacial do usuário. Para a “tarefa 1”, esta ocorrência foi registrada em especial quando usuários procuravam no mapa o cruzamento entre duas vias, fosse quando da digitação de uma rota partindo da primeira rua até a segunda, ou

quando o usuário conseguia localizar uma rua e buscava nos arredores a segunda rua.

A análise dos registros permite afirmar que há, em alguns casos, dificuldade em lidar com os topônimos de ruas e sua relação direta com o ponto de vista e escala. A constatação se dá quando durante a execução das atividades, o usuário expressa que não consegue ver o nome de uma rua, ou alega que não entende o fato do nome “se mexer sozinho”. Em relação ao ponto de vista, ocorre que em pelo menos duas aplicações-cliente populares em Cartografia para *web*, *openlayers* e *google maps*, o algoritmo procura sempre posicionar o rótulo (simbologia para o topônimo) de acordo com a proximidade do ponto de vista do mapa, no momento. Sobre a escala, a relação diz respeito ao fato de que algumas ruas só são identificadas quando há uma ampliação na escala, procedimento comum em mapas interativos, devido à possibilidade de se construir uma aplicação ao mesmo tempo rápida, graças ao carregamento de dados somente quando necessário e solicitado; e robusta, em termos de completude de dados.

As ocorrências de algum tipo de confusão na orientação posicional durante a “tarefa 1” foram categorizadas em 4 classes e sua análise dá margem a duas interpretações: 52% dos usuários variaram entre a ausência de ocorrências e a existência de pequenos momentos de confusão na orientação posicional do mapa. Por outro lado, apenas 3% dos usuários não experimentaram algum tipo de problema com as referências para se localizar no mapa, contrastando com os 21% que tiveram os problemas mais graves para usar referências no mapa. Assim, mesmo que na maioria dos casos (79%) não ocorram severos prejuízos para a execução da tarefa, há problemas de perda de orientação e de referencial, causados pela simbologia do mapa, bem como pelas funcionalidades da interface cartográfica. Porém, para esta tarefa, não parece haver uma direta relação entre os resultados obtidos pelas duas variáveis, o que confirma a importância do caráter funcional neste tipo de avaliação.

7.1.7 Uso de Zoom, Pan e mudança de perspectiva.

O uso das ferramentas de redução e ampliação de escala e de deslocamento de ponto de vista é, adicionalmente ao clique, o conjunto de funções básicas para a interação com a interface em um dispositivo móvel, especialmente no caso de mapas. Em uma interface natural, espera-se que o usuário consiga executar tais funções de forma a abrandar dificuldades ergonômicas e manter-se a referência espacial. Foram avaliados quatro critérios, relativos a forma de interação para realização de ambas as operações bem como a eventuais problemas advindos do uso destas.

7.1.7.1 Ampliação e redução de escala

Nos dispositivos com tela sensível ao toque disponíveis para uso nos testes, a manipulação da escala tem três mecanismos principais de uso: os tradicionais botões (+) e (-) posicionados na interface-mapa, em posições diferentes de acordo com o dispositivo; o mecanismo de “pinça”, que preconiza o multitoque em pelo menos dois pontos na tela, com movimento de arraste de expansão para ampliação e movimento contrário para redução de escala; e o mecanismo de dois toques rápidos, que permite que o usuário possa efetuar a ampliação e redução de escala por meio da interação com um único dedo. Este último gesto de interação foi inserido a partir da versão de Setembro/2012 do aplicativo²² e diferencia ampliação e redução de escala por meio do arraste para baixo ou para cima, após o segundo toque em tela. Por padrão porém, de acordo com os resultados registrados, os dois toques rápidos, sem arraste, efetuam

²² <http://support.google.com/gmm/bin/answer.py?hl=en&answer=1079041>. Último acesso em 12/03/2013

operação de ampliação de escala em um ponto próximo do ponto clicado.

Nenhum dos usuários da amostra efetuou operação de manipulação de escala por meio do uso do novo gesto de interação introduzido pelo fabricante que utiliza os dois toques rápidos em conjunto com o arraste. Apenas 3 % das atividades realizadas tiveram o gesto dos dois toques rápidos como forma majoritária de ampliação de escala. Porém, a tentativa voluntária ou ocorrência involuntária deste tipo de interação foi responsável pela maior parte dos problemas ocorridos com a ferramenta de zoom.

Os resultados acerca dos tipos de zoom utilizados majoritariamente (FIGURA 48) permitem afirmar que, de forma geral, pode-se dizer que os usuários encaram como natural o uso da interação por “pinça” para manipulação de escalas, sendo que a mesma foi utilizada majoritariamente por 75% dos usuários. Este resultado permite afirmar que o gesto de interação “pinça” já é uma implementação que alcançou o status de uma interação natural, no que diz respeito ao seu gestual, para a maioria dos usuários desta amostra.

Entretanto, foram registradas dificuldades intrínsecas ao uso do zoom, em especial na “tarefa1”, primeiro contato do usuário com o dispositivo utilizado na atividade proposta. Em torno de 41% dos usuários que necessitaram realizar ampliação ou redução de escala nesta tarefa tiveram algum problema diretamente relacionado a esta interação. Foram confirmados registros de manipulação não-intencional, perda de referência e repetição de movimento (ponto de vista retornar ao estado anterior). Tais índices chegaram próximos de zero para as tarefas subsequentes, indicando que a familiarização com a ferramenta trouxe resultados positivos para a ampliação e redução de escala nestes dispositivos. Conforme dito anteriormente, observou-se que a maior parte das manipulações de escala que se materializaram erroneamente deu-se em razão da interação não-intencional por dois toques rápidos.

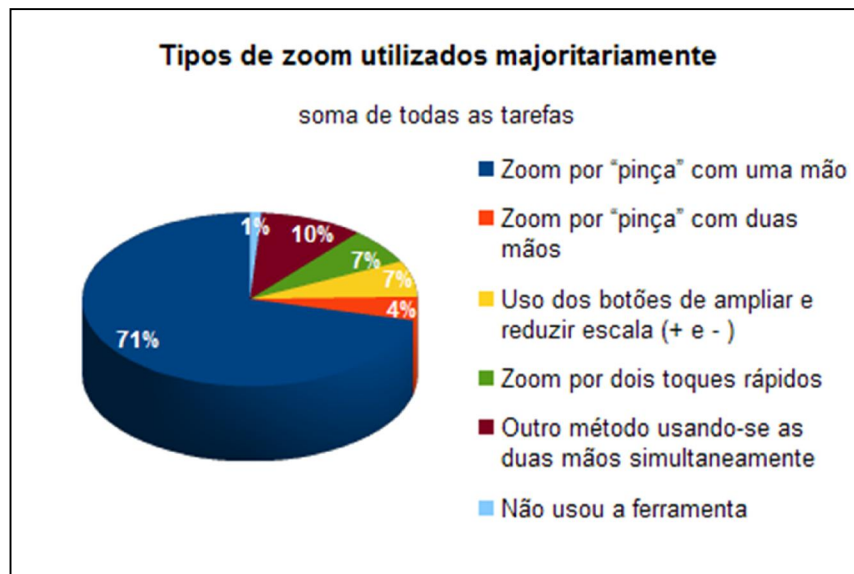


FIGURA 48 – TIPOS DE ZOOM UTILIZADOS MAJORITARIAMENTE
 FONTE: O AUTOR (2013)

A respeito da relação entre o método de interação usado para a manipulação da escala e as características dos usuários, pode-se notar que usuários que se declaram iniciantes com o uso de mapas tendem a também utilizar outras formas de manipulação de escala que não o método "pinça" com uma mão (polegador + indicador). Outros fatores como o dispositivo usado ou as características pessoais do usuário não influenciaram na forma que o mesmo escolhe para manipular a ampliação e redução de escala. O desempenho obtido em todas as tarefas, bem como as respectivas percepções de carga de trabalho, satisfação e frustração também não foram influenciadas pela utilização majoritária das ferramentas de zoom.

7.1.7.2 Deslocamento de ponto de vista

Este item se divide em dois importantes aspectos: a mudança do ponto de vista do mapa, quanto à projeção, seja ela ortogonal ou perspectiva, e o

deslocamento natural do ponto de vista do mapa propriamente dito, onde há uma visualização de extensão do mapa que não pode ser observada pela limitação do tamanho da tela, para a escala corrente. Esta última é comum em qualquer imagem gráfica digital interativa, como forma de sanar a limitação de tamanho das telas em relação à extensão total da imagem e pode-se dizer que é uma funcionalidade comum em ambientes de interfaces GUI. Já a variação na inclinação do ponto de vista é utilizada majoritariamente em mapas para dispositivos roteadores, usados principalmente a bordo de veículos, como forma de tornar o ponto de vista do mapa mais próximo daquilo que o usuário observa em seu campo de visão no para-brisa, sendo um artifício de domínio das interfaces cartográficas e aplicativos simuladores/emuladores.

Em relação à variação da projeção, a interação prevista pelo fabricante para efetuar a alteração, chamada de “tilt”, constitui no toque simultâneo de dois pontos, seguido do arraste paralelo de cima a baixo. Nos testes analisados a mesma não foi reproduzida intencionalmente por nenhum usuário, embora tenha ocorrido em cerca de 4,5% do total de atividades realizadas. Nas ocorrências desta variação 25% dos usuários identificaram que a variação na projeção ocorreu, mas não souberam reproduzir a interação quando solicitados. O restante (75%) não expressou qualquer reação em relação ao fato. Uma vez que o índice de ocorrências foi muito pequeno, a análise concomitante com outros fatores não indicou diferenças em relação ao comportamento padrão da amostra.

Em relação ao deslocamento de ponto de vista (*pan*), é possível identificar a predominância do gestual de arraste utilizando-se um único dedo (FIGURA 49) na execução das tarefas propostas. Outros gestuais para deslocamento do ponto de vista incluem o uso de mais de um dedo de uma única mão (10%) e de duas mãos em conjunto (11%). A utilização do paralelismo poderia indicar um desempenho mais efetivo também para tarefas com o uso de mapas, mas devido ao pequeno número de amostras não é possível confirmar tal tendência relativa às tarefas pesquisadas. Analisando-se os dados, porém, parece pouco provável que o uso das duas mãos para o deslocamento do ponto de vista resulte em um ganho cognitivo da percepção espacial da área geográfica

em estudo, limitando-se à fluidez do mapa em termos de velocidade de deslocamento do ponto de vista. Tal característica deve influir positivamente em tarefas na qual o conhecimento espacial a respeito da área de análise é mais desenvolvido e na qual se tem uma noção mais exata dos pontos de interesse para deslocamento do mapa.



FIGURA 49 – TIPOS DE PAN UTILIZADOS MAJORITARIAMENTE
 FONTE: O AUTOR (2013)

Outro fator que influencia o deslocamento é a realização do mesmo com gestos simples, o que facilita deveras a interação com o mapa. Porém, como verificado nos testes, pode ocasionar confusão quando da necessidade de cliques em pontos específicos, uma vez que existe uma tênue separação entre o gestual de um clique e o gestual do arraste. Não foram encontrados problemas de perda de referencial e orientação, causados pela ferramenta deslocamento.

7.1.8 Interações Inúteis e Frustração

O critério das interações inúteis visa quantificar o conhecimento do usuário acerca dos procedimentos de interação para se chegar ao fim desejado. Quanto maior a quantidade de interações inúteis para a realização da tarefa,

assume-se que haja algum tipo de apropriação desconhecida da interface ou que o conhecimento do usuário sobre a interface e interações é pequeno, o que implica que durante o uso há a construção de conhecimento em relação ao método necessário para a execução da tarefa. Além disso, como ocorre o desenvolvimento cognitivo sobre a interface, há uma construção de aprendizado em torno das reações da interface – *retorno* – e seu modelo de funcionamento.

Essa variável foi medida de forma aproximada, uma vez que, com razoável frequência, *frames* dos registros em vídeo foram perdidos, ocasionando demora ou pausa de 1 a 2 segundos em determinados períodos, o que torna a contagem inexata, porém suficiente para prover um percentual relativo à variável. A mensuração de quais interações não são úteis para a realização da tarefa é um critério relacionado à eficiência, porém tende a se relacionar diretamente com a eficácia, uma vez que usuários que não sabem como ativar ferramentas, ou que as utilizam sem critério, de forma a procurar uma determinada função concorrem para a não efetivação da resolução funcional de uma tarefa. Nesse sentido, os resultados obtidos são considerados negativos, uma vez que as classes totalizando acima de 30% de cliques inúteis são maioria (65,6%) em comparação às execuções mais eficientes (34,4%). Tal resultado tem uma relação direta com o grau de dificuldade da tarefa (FIGURA 50).

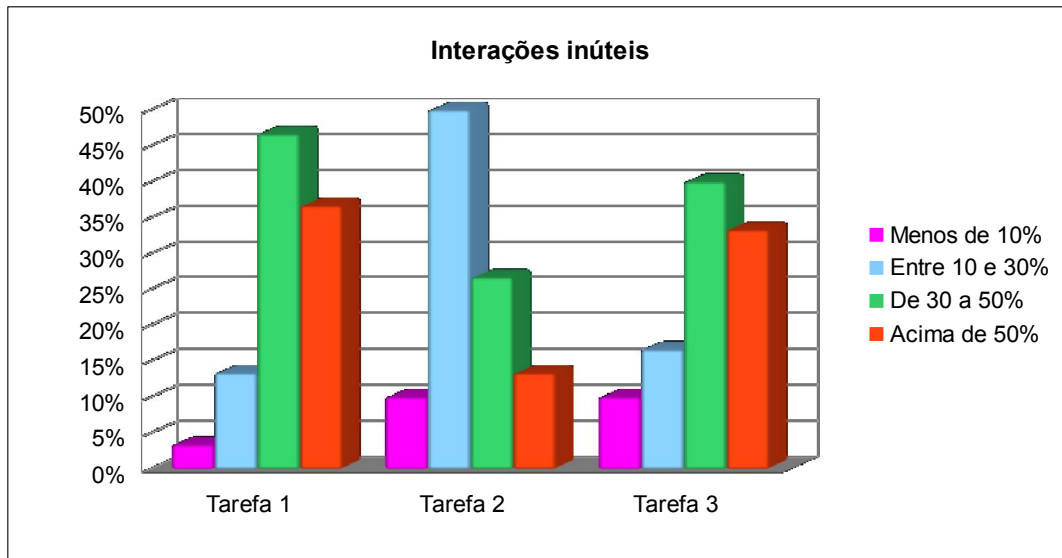


FIGURA 50 – RESULTADO GERAL DE CLIQUES INÚTEIS PARA EXECUÇÃO DA TAREFA
 FONTE: O AUTOR (2013)

Há uma relação direta entre o quantitativo de cliques inúteis durante o uso da interface e a percepção de carga de trabalho (FIGURA 51) com todos os itens do formulário tendo uma relação inversa com o quantitativo de cliques inúteis mensurado. Ou seja, usuários que interagiram mais efetivamente com a interface tiveram uma percepção de desempenho melhor, bem como frustração e exigências menores. De forma análoga, parece também haver relação com o desempenho em si (FIGURA 52). A média das notas dadas ao desempenho foi maior no grupo dos usuários que interagiu com a ferramenta de forma a minimizar interações inúteis.

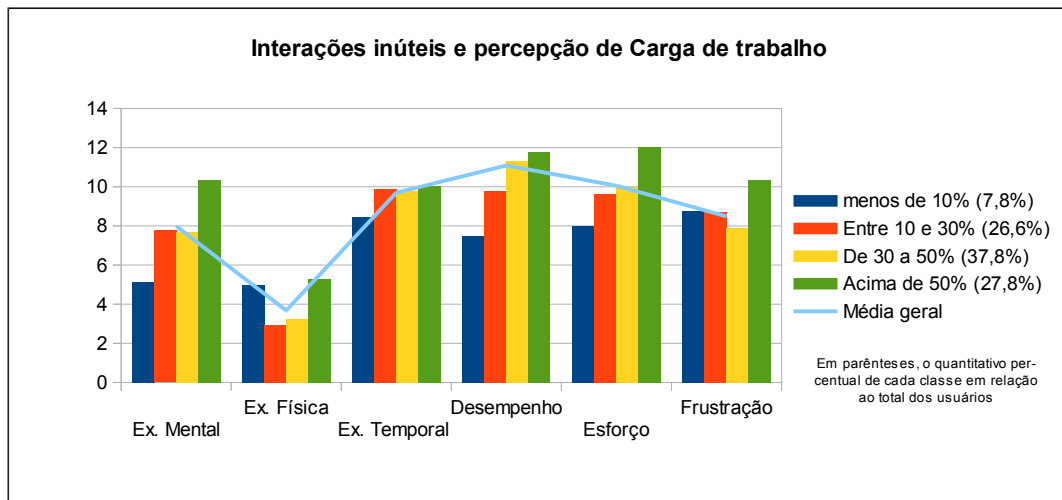


FIGURA 51 – INTERAÇÕES INÚTEIS E SUA RELAÇÃO COM A PERCEPÇÃO DE CARGA DE TRABALHO
 FONTE: O AUTOR (2013)

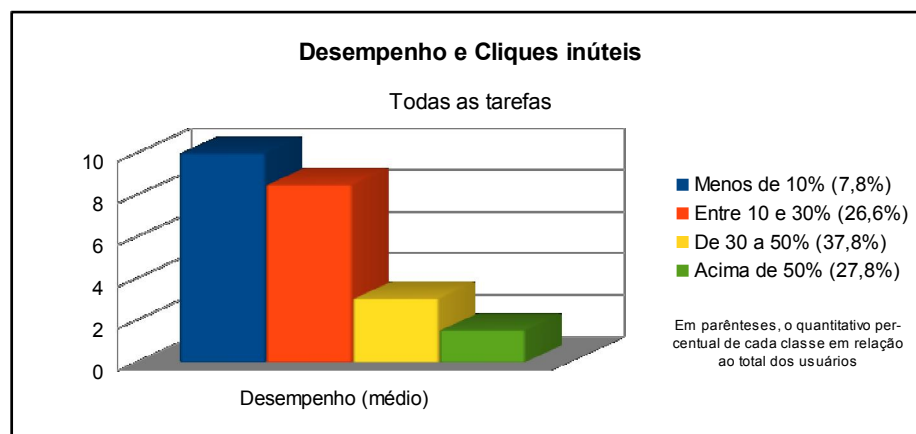


FIGURA 52 – INTERAÇÕES INÚTEIS E SUA RELAÇÃO COM O DESEMPENHO
 FONTE: O AUTOR (2013)

Há ainda uma ligação entre os graus de frustração avaliados e a quantidade de cliques inúteis (FIGURA 53), relação esta que parece se relacionar diretamente: quanto mais interações inúteis foram realizadas, mais frustrado pareceu ou expressou estar o usuário. A mesma relação existe ainda para a satisfação geral com a interface (FIGURA 54), com a satisfação usualmente mais alta à medida que menos interações inúteis ocorrem. Desta forma, é possível traçar um panorama de quão importante é a quantificação de interações inúteis

durante a realização da tarefa, como indicador que “explica” o desempenho, a frustração e a percepção do usuário durante o uso de mapas.

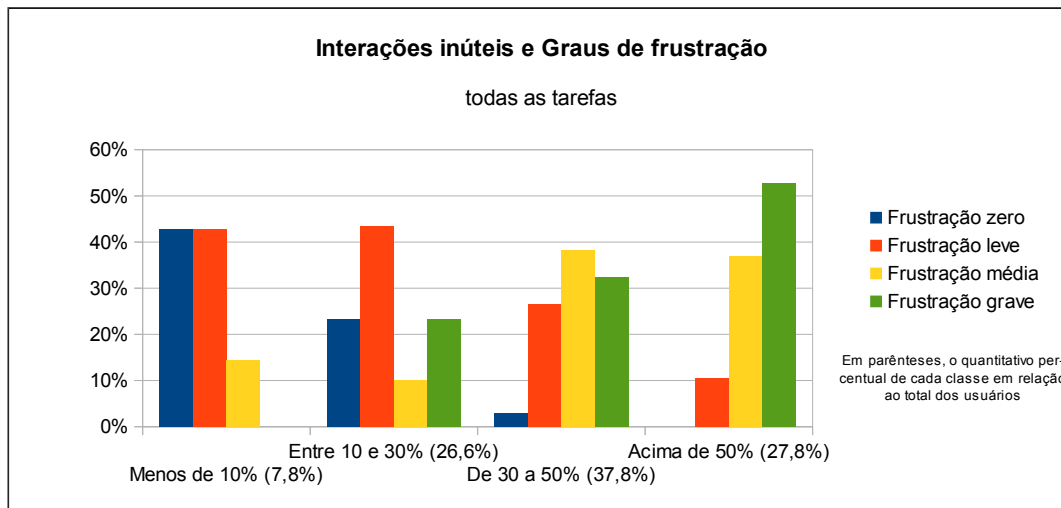


FIGURA 53 – INTERAÇÕES INÚTEIS E SUA RELAÇÃO COM A FRUSTRAÇÃO
FONTE: O AUTOR (2013)

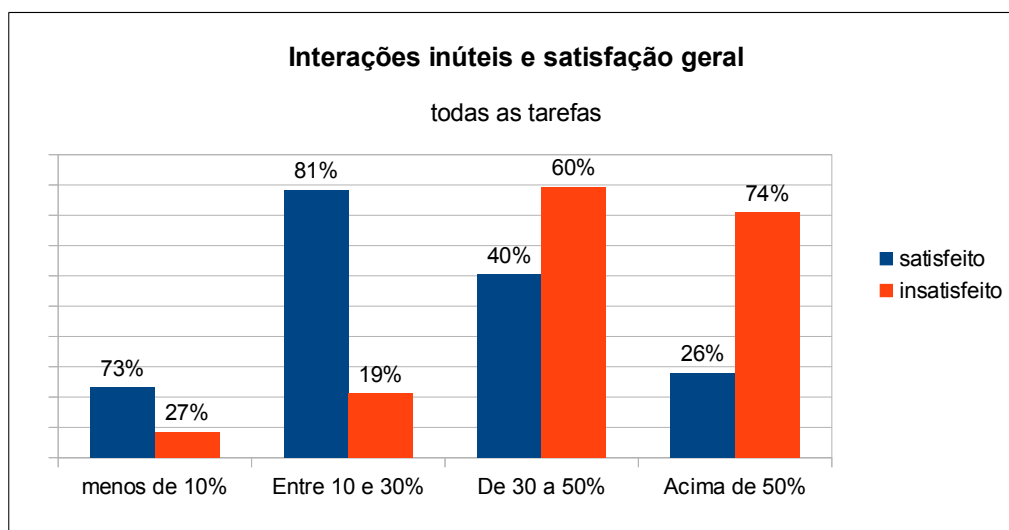


FIGURA 54 – INTERAÇÕES INÚTEIS E SATISFAÇÃO GERAL
FONTE: O AUTOR (2013)

Unicamente a respeito do índice de frustração, os resultados foram divididos em quatro classes, tendo a classe menos desejável ocorrido em 31,1% dos casos (somatório das tarefas), enquanto os melhores índices ocorreram em

torno de 30% dos casos. As classes de usuário com índices de frustração moderado e leve totalizaram 26,7% e 30%, respectivamente (FIGURA 55). Quando se analisa o resultado isoladamente pode-se aferir que as classes de frustração ocorrem quase que igualmente uma em relação à outra. Entretanto, quando analisados os dados por tarefa, verifica-se que nas tarefas 1 e 3 há um comportamento regular e crescente, sendo mais frequente a ocorrência de maiores graus de frustração nestas. Pode-se dizer então que este índice está relacionado ao grau de dificuldade da atividade a ser realizada.

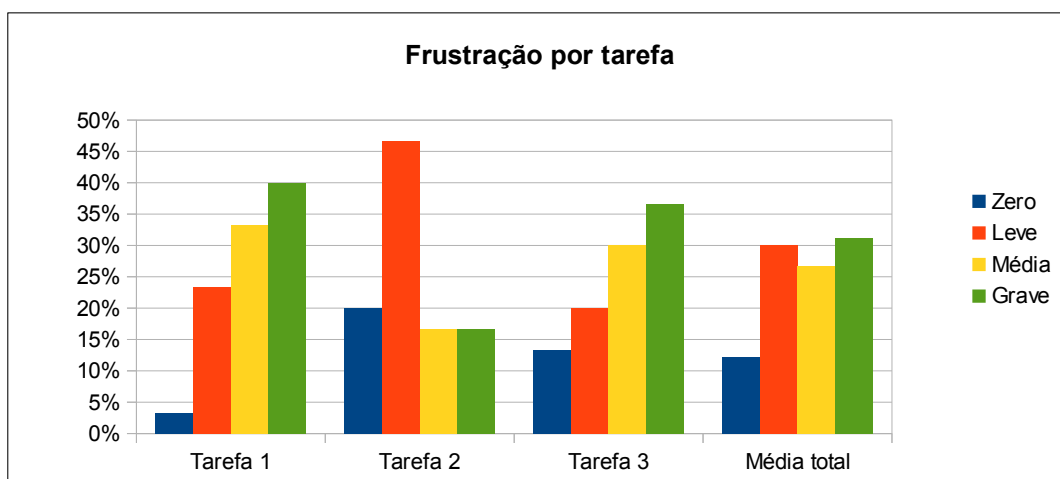


FIGURA 55 – ÍNDICE DE FRUSTRAÇÃO, POR TAREFA.
 FONTE: O AUTOR (2013)

O grau de frustração também pode se correlacionar com outros fatores de interesse como o desempenho (FIGURA 56). Nota-se que há uma relação inversamente proporcional entre estes dois índices, onde um melhor desempenho está ligado a baixos graus de frustração do usuário.

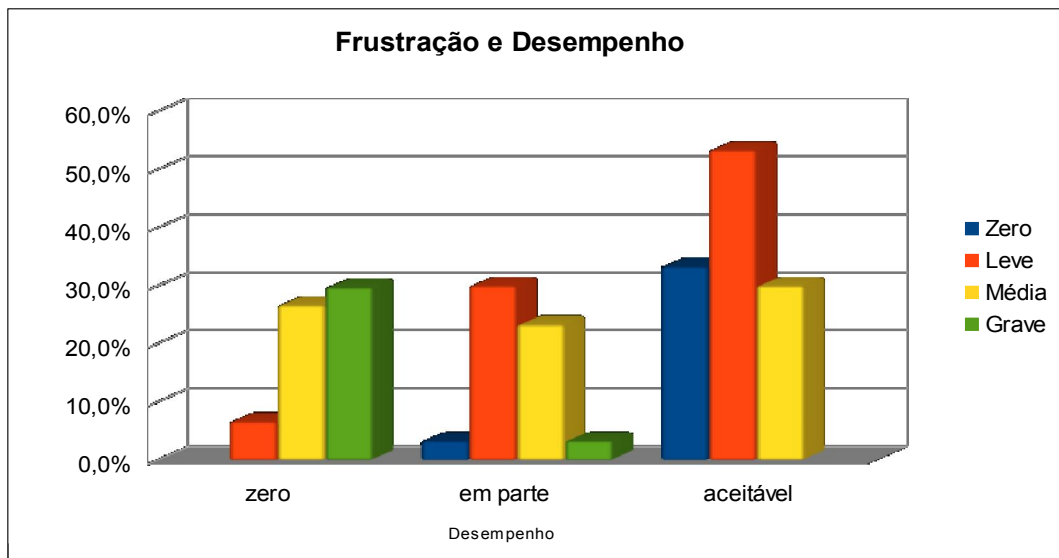


FIGURA 56. ÍNDICE DE FRUSTRAÇÃO E DESEMPENHO
 FONTE: O AUTOR (2013)

7.1.9 Métodos utilizados para resolução da tarefa

Esta seção descreve os resultados da análise dos métodos empregados pelos usuários durante a realização dos testes. A relação cognitiva com as decisões tomadas envolve um estudo psicológico um tanto mais profundo, porém é possível explicar a maior parte das decisões tomadas e sua relação com as tarefas analisando-se o que foi relatado pelos próprios usuários.

7.1.9.1 Tarefa 1

Como dito anteriormente, a execução desta tarefa pode ser dividida, para melhor analisar o aspecto da interação, em três etapas, a saber: busca pelo início e final da rota, a marcação destes pontos no mapa e a criação da rota em si. Os

cruzamentos foram gerados de forma aleatória, sendo que em alguns casos a distância entre os pontos era da ordem de menos de 500 metros. Como o usuário não conhecia a cidade do mapa em aproximadamente 94% dos testes aplicados, a tendência é que não tenha ideia da exata localização geográfica do cruzamento solicitado pelo entrevistador: em uma cidade como Manaus há mais de 13,5 mil logradouros (SEMEF, 2011).

Ainda assim, a hipótese de se procurar o ponto inicial da rota por meio da simples procura pelo mapa, utilizando-se das ferramentas de ampliação e redução de escala e de deslocamento, foi a escolha inicial de cerca de 37% dos usuários. Curioso notar que a quase totalidade dos usuários que procuraram a primeira rua usando a ferramenta de busca por digitação de nomes, também usaram o método da procura no mapa para a busca da segunda rua. Registrou-se também a tentativa de usar a ferramenta de busca do programa para digitar os nomes das ruas juntas ou separadas por conjunções (com; e), ou por vírgulas, ou mesmo pela palavra “esquina”. Uma funcionalidade deste tipo foi apontada como necessária a um programa de mapas para dispositivos móveis por cerca de 30% dos usuários.

Para a segunda etapa, da marcação do ponto em si, é de se supor que, no espaço físico, o referenciamento dos pontos iniciais e finais seja a própria identificação do local por meio de pontos de conhecimento comum: *“partindo da rua Principal, uns 100 metros acima do supermercado”* ou *“chegando na altura do número 500, ao lado de uma casa amarela”*. Em um mapa em papel, há a possibilidade de a mesma poder ser realizada como no espaço físico, somente com a “marcação mental” ou por meio da marcação “física”, usualmente com pontos (tachinhas ou semelhante), ou feita à caneta. É possível até mesmo conceber o uso das mãos. Se há proximidade entre os pontos inicial e final, naturalmente há a possibilidade de se utilizar os dedos para que a referência não se perca, especialmente quando se pensa em um mapa tradicional.

Em mapas digitais interativos, considerando-se uma interface tradicional, os usuários costumemente marcam seus pontos de interesse por meio do uso do mouse. Clica-se no ponto de interesse com uma funcionalidade específica

para que o ponto seja materializado no mapa. Em ambientes SIG, de conhecimento especialista, a introdução de pontos se dá por meio da inserção de coordenadas ou de endereços (*geocode*), seja por meio da digitação, seja por meio da leitura de planilhas. Nestes ambientes também é possível efetuar o desenho de uma feição por meio do clique na posição desejada, bastando que *para* isso esteja ativa a ferramenta adequada.

Na interface *google maps*, a busca por algo que remeta ao universo do usuário é notada nas primeiras ferramentas de mapeamento da empresa (2005): marcadores eram primordialmente representados por alfinetes, que ao serem utilizados no mapa por meio de clique, “fincavam-se” na tela, como ocorreria com um mapa em papel. A interação para tal sempre se deu por meio de desenho utilizando cliques do mouse e nos dispositivos multitoque para algumas plataformas há a possibilidade de se inserir algum tipo de marcador por meio do clique pressionado (mais de 3 segundos), que ativa uma janela do tipo *pop up* com opções para a interação.

Na atividade proposta com o dispositivo multitoque, 60% dos usuários procuraram a interação direta com o mapa para marcar os pontos para a rota, segunda etapa do método para executar o que foi solicitado pela “tarefa 1” (FIGURA 57). E mesmo usuários com pouca ou nenhuma experiência na utilização de dispositivos com tela sensível ao toque utilizaram uma interação de clique pressionado na tela para a marcação do ponto²³. Alguns usuários tentaram também efetuar a marcação por meio de 2 cliques rápidos na tela, gesto este que aciona, na maioria dos sistemas operacionais para estes dispositivos, uma ampliação de escala no ponto clicado. Cerca de 30% decidiram inicialmente efetuar a marcação dos pontos no mapa por meio de uma eventual ferramenta de endereços, onde ao se digitar o nome da rua, ou das ruas, o mapa automaticamente teria um marcador materializando o local. Menciona-se ainda a existência de 7% de usuários que não conseguiram pensar em uma estratégia adequada para o fato, além de 3% dos usuários que decidiram inicialmente

23 Devido a este comportamento, um dos critérios avaliados no teste foi a quantidade de vezes que o mesmo ocorreu durante as atividades

realizar a marcação mentalmente, memorizando os pontos inicial e final, mesmo que a distância entre eles fosse de mais de 4km.



FIGURA 57 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA ETAPA 2 DO PROCESSO DE RESOLUÇÃO DA “TAREFA 1”
 FONTE: O AUTOR (2013)

Para a terceira e última etapa, foram admitidas duas grandes hipóteses: o usuário traçaria por si só a rota, ou esperaria que o programa gerasse tal caminho. A maioria dos usuários (83%) optou pela segunda opção alegando que, por não conhecerem a cidade, sentiam-se mais seguros sendo guiados pelo banco de informações do programa (FIGURA 58). Isso especialmente foi considerado em relação aos aspectos da menor distância da rota e pelos sentidos das vias, este último citado quase que unanimemente pelos usuários. Entre os que optaram por produzir a própria rota (14%), todos optaram por narrar o caminho ao entrevistador, utilizando as ruas e direções obtidas pela visualização do mapa. Chama atenção que nenhum usuário considerou a existência de uma ferramenta que o auxiliasse no desenho do caminho em tela, em parte por este ser processo impossível de se conceber em um espaço físico natural e que mesmo que a ferramenta presente de roteamento tenha sido alvo de várias críticas quanto ao seu aspecto e funcionamento pouco amigável, a mesma parece atender naturalmente a estratégia cognitiva do usuário para resolução da tarefa.

Os resultados dos métodos para esta tarefa também denotam que a maioria dos usuários possui algum tipo de experiência com as ferramentas de mapas para dispositivos móveis e interativos, especialmente a funcionalidade de rotas, apontada como quase que onipresente no dia a dia das pessoas. Assim, os usuários esperam que qualquer interface apresentada tenha algum tipo de ferramenta de roteamento automático, e acreditam que a experiência com qualquer ferramenta deste tipo é o fator que leva ao sucesso no desempenho de qualquer tarefa que necessite de rotas para sua execução.

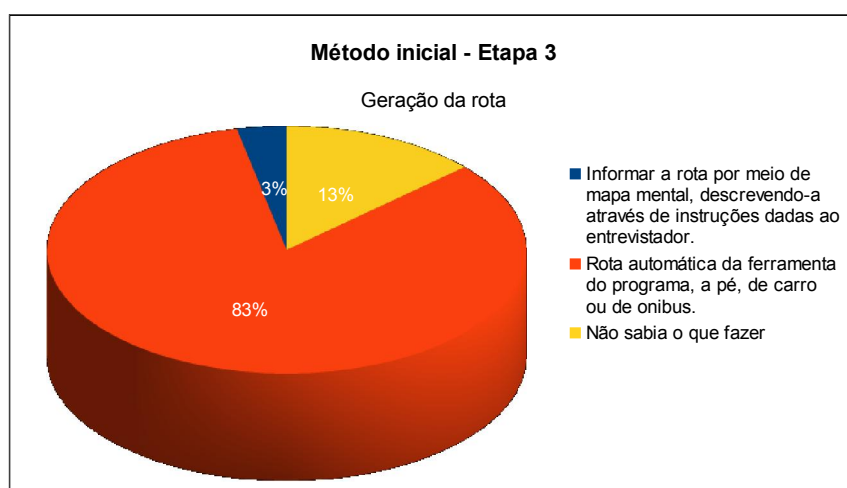


FIGURA 58 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA ETAPA 3 DO PROCESSO DE RESOLUÇÃO DA “TAREFA 1”
FONTE: O AUTOR (2013)

7.1.9.2 Tarefa 2

Para a “tarefa 2”, foram verificadas as possibilidades existentes para resolução ou tentativa de resolução do problema dado: o usuário poderia fazer uso da funcionalidade de TOC, na qual há uma lista visível de conteúdo e caso a mesma não estivesse disponível, explicitar que gostaria de uma função semelhante e buscar sua ativação na interface; o usuário poderia, utilizando as

ferramentas de ampliação e redução de escala e deslocamento de ponto de vista, buscar os marcadores, identificando-os por meio de clique; o usuário também poderia digitar no campo de entrada de texto da ferramenta de busca o nome do marcador para localizá-lo; adicionalmente, existe a possibilidade do usuário não conseguir desenvolver uma estratégia inicial para a resolução do problema em tempo hábil. Os resultados obtidos (FIGURA 59), portanto, demonstram que houve equilíbrio na escolha dos métodos e que estes não tiveram uma relação direta com os itens de desempenho.

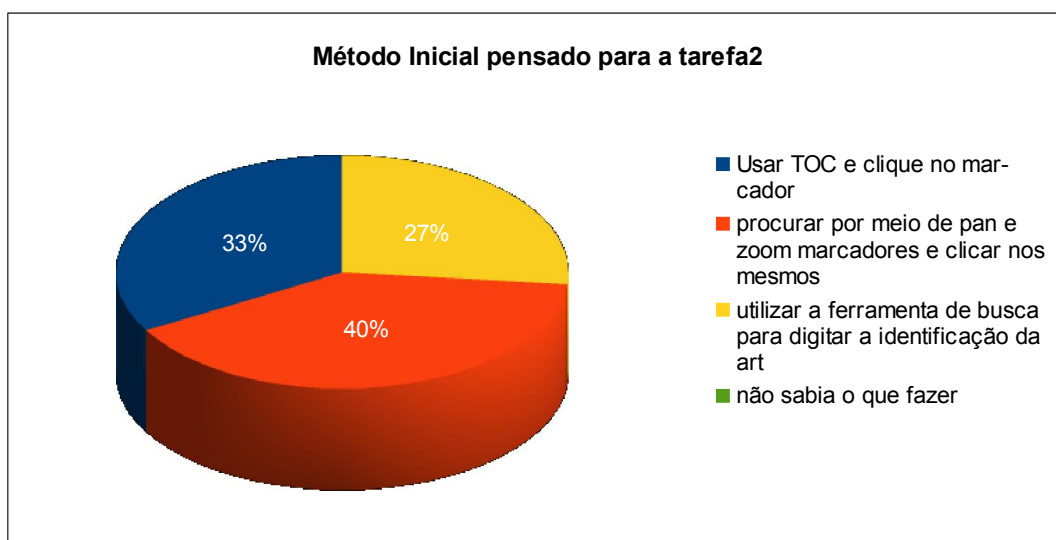


FIGURA 59 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA A “TAREFA 2”
 FONTE: O AUTOR (2013)

A ideia de um método utilizado de forma consolidada, ou seja, passada a escolha inicial de um método à primeira vista, também foi objeto de análise. Este método “consolidado” divide-se em duas classes possíveis que possuem índices próximos (53 a 47%), já que a digitação dos nomes das ART's não resultou em uma identificação no mapa, destas ART's. Importante notar que o desempenho caiu sensivelmente (7,8 a 6,0), bem como a eficiência na resolução da tarefa (110 segundos de diferença em média) quando comparados os desempenhos entre os usuários que utilizaram a ferramenta TOC e os usuários que utilizaram a busca manual por clique, *pan* e *zoom*, Outro aspecto acerca da comparação entre os

métodos é que há uma diminuição das notas dadas em todos os itens do formulário de carga de trabalho quando o método escolhido é o uso de TOC. Isto demonstra que este tipo de ferramenta é desejável em tarefas que possuam natureza semelhante à “tarefa2”, tanto pelo fato de seu uso melhorar o desempenho quanto pelo fato de a percepção do próprio usuário acerca das exigências da tarefa – até na exigência física – ser diminuída, o que denota menores níveis de stress e frustração durante o uso.

7.1.9.3 Tarefa 3

A principal mudança trazida pelos métodos propostos para esta tarefa dizia respeito ao uso de uma ferramenta para medição de distâncias no mapa. Esta etapa era subsequente à decisão de como fazer uma rota proposta, considerando pontos previamente materializados no mapa. Apesar da modificação em relação aos pontos da rota, que antes deveriam ser marcados pelo próprio usuário, esperou-se que os usuários com desempenho satisfatório na primeira etapa utilizassem a mesma abordagem para a confecção de rotas nesta “tarefa3”. De maneira análoga, esperou-se que os usuários que não executaram a “tarefa1” a contento procurassem uma nova maneira de efetuar a confecção da rota. Em relação às distâncias, usuários experientes perceberiam que a ferramenta de rota usualmente informa a distância entre os pontos que formam a rota.

As decisões dos usuários contrariaram as expectativas, no sentido de que a preferência para a confecção de rotas foi semelhante à verificada para a “tarefa1”, mesmo que o desempenho da primeira tarefa tenha sido insatisfatório para os próprios usuários. Porém, quando inquiridos em relação a outros possíveis métodos, poucos usuários consideraram que *existia* outro método para confecção de rota, que não o uso da ferramenta automática do programa, quer seja a marcação dos pontos por meio da inserção de endereços (27%), quer seja

pela interação com o mapa (53%). O uso de uma ferramenta de desenho ou de um mapa mental foi indicado por apenas 17% dos usuários como a primeira opção para confecção de uma rota no mapa. (FIGURA 60) Nota-se que a tecnologia já tem parte fundamental na maneira como estes usuários raciocinam a utilização de uma interface cartográfica.

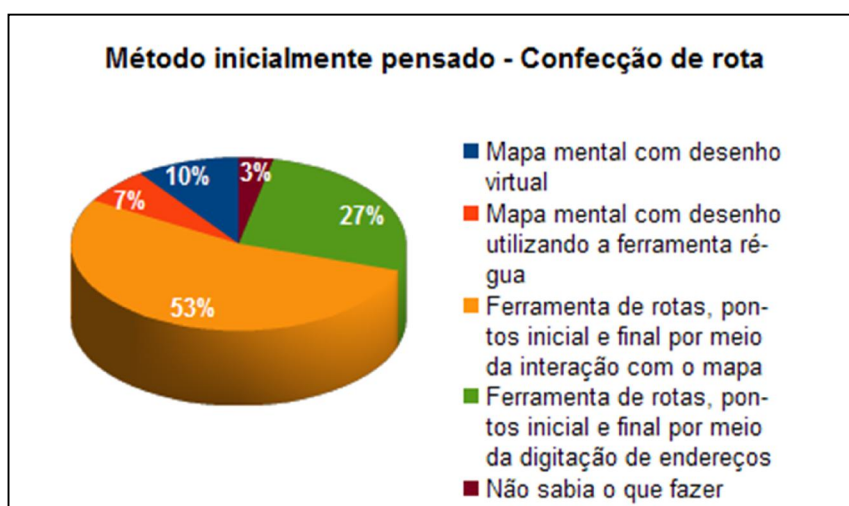


FIGURA 60 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA A CONFECÇÃO DE ROTA, “TAREFA3”
 FONTE: O AUTOR (2013)

Surpreendeu positivamente a decisão de 23% dos usuários, que pensaram inicialmente na utilização de referenciais presentes no mapa (quadrantes e escala gráfica) como forma de comparação entre grandezas objetivando a medição da distância solicitada (FIGURA 61). Estes usuários tiveram desempenho ligeiramente melhor em relação aos usuários que utilizaram as ferramentas automáticas para medição de rota (6,9 a 5,9), à custa de 18 segundos a mais na média do tempo gasto na resolução da tarefa. Ainda, 43% dos usuários consideraram que a distância seria automaticamente mostrada pela ferramenta de rota, já que, segundo usuários: “*as duas coisas se completam*”, tendo este índice caído para 13,3% quando o método de resolução da tarefa é decidido/consolidado. Isto significa que há uma dificuldade intrínseca à interface para ativação e funcionamento da ferramenta de rota.

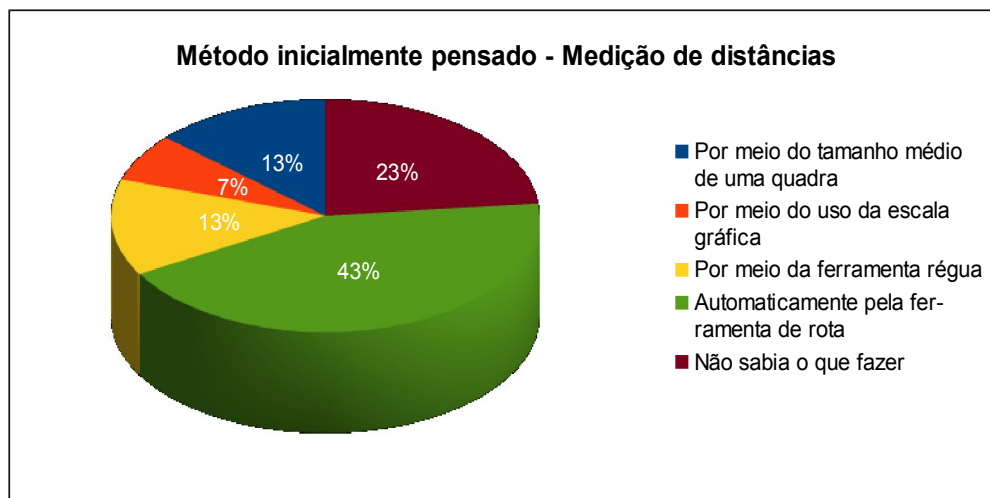


FIGURA 61 – MÉTODOS INICIALMENTE PENSADOS PARA A MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS, “TAREFA3”
 FONTE: O AUTOR (2013)

13% dos usuários consideraram já inicialmente o uso de uma ferramenta de régua (pensada por 7% dos usuários para a confecção de rota, primeira etapa do método), demonstrando que a ferramenta não é exatamente um consenso entre usuários como alternativa para estimar distâncias. Ainda 23% dos usuários precisaram de auxílio para achar um método que os ajudasse na medição de distância no mapa, tendo sido sugerido que a maioria usasse a ferramenta régua como alternativa.

Um ponto a ser destacado é que o desempenho geral entre as tarefas 1 e 3, que possuem uma etapa semelhante, nunca decresceu, tendo 46,7% dos usuários repetido o seu desempenho e 53,3% dos usuários melhorado o seu desempenho. Isto ocorre não só por conta da facilidade inclusa no fato de os pontos já estarem materializados na tela, mas também porque os usuários modificaram a sua intenção inicial e utilizaram outros métodos para realização da tarefa. Cerca de 56,7% dos usuários utilizaram métodos que não possuem relação com a ferramenta de rotas embutida no programa – enquanto na “tarefa1” este índice foi de 13,3%. Assim, embora o desempenho tenha sido superior na “tarefa3”, não há indícios que permitam afirmar que os usuários aprenderam a

usar ferramentas que contribuíram para o desempenho insatisfatório da “tarefa1”. Pelo contrário, o uso de outras funcionalidades, como a ferramenta régua, pareceu contribuir para a melhora no desempenho.

7.1.10 Índice de Busca de Ferramenta

Os resultados analisados incluem também um critério que permite quantificar a dificuldade do usuário em encontrar na interface as ferramentas que ele expressa serem necessárias e/ou desejáveis para a realização da atividade segundo seu próprio esquema de ações. Os resultados demonstram que há dificuldade em se encontrar na interface o que se procura, mas que tal situação pode ser remediada se há alguma espécie de auxílio, usualmente requisitado pelo usuário em 47,8% do total de utilizações da interface (FIGURA 62). Quando analisado o resultado do índice por tarefa percebe-se que a relação entre o nível de dificuldade da tarefa e a dificuldade associada para se encontrar as ferramentas desejadas parece ser inexistente, o que corrobora o fato de o critério aqui analisado ser um problema associado à interface em si, sendo percebido com um padrão semelhante em todas as tarefas e classes de uso.

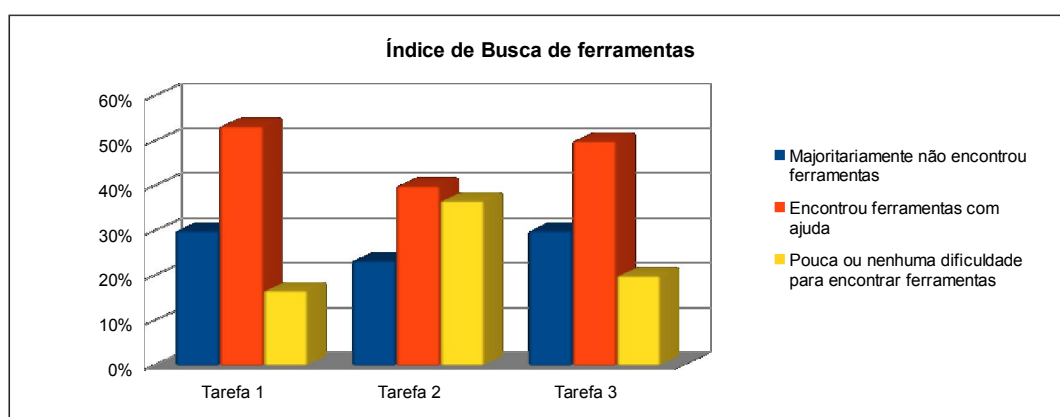


FIGURA 62 - ÍNDICE DE BUSCA DE FERRAMENTAS – TODAS AS TAREFAS.
FONTE: O AUTOR (2013)

É possível, ainda, efetuar o cruzamento dos resultados deste índice de busca em relação às características dos usuários, como a experiência com mapas (FIGURA 63) e a frequência do uso de mapas digitais (FIGURA 64). É possível dizer que não é provável que estes fatores influenciem no resultado para o índice de busca de ferramentas, uma vez que os melhores resultados foram obtidos por aqueles que se declararam usuários iniciantes ou de rara frequência com mapas. Entretanto, é possível perceber uma relação entre a experiência com dispositivos *touchscreen* e a facilidade em se encontrarem as ferramentas desejadas (FIGURA 65). Isto porque, de forma geral, os índices melhoraram e a necessidade de ajuda tornou-se menos necessária no grupo dos usuários que se declararam com alguma experiência no uso destes dispositivos.

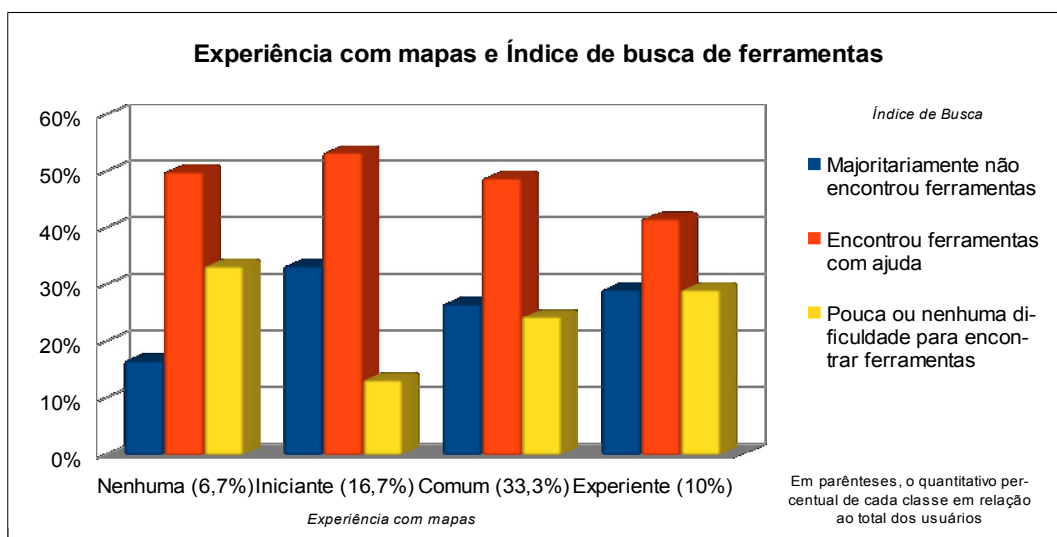


FIGURA 63 – EXPERIÊNCIA COM MAPAS E ÍNDICE DE BUSCA
 FONTE: O AUTOR (2013)

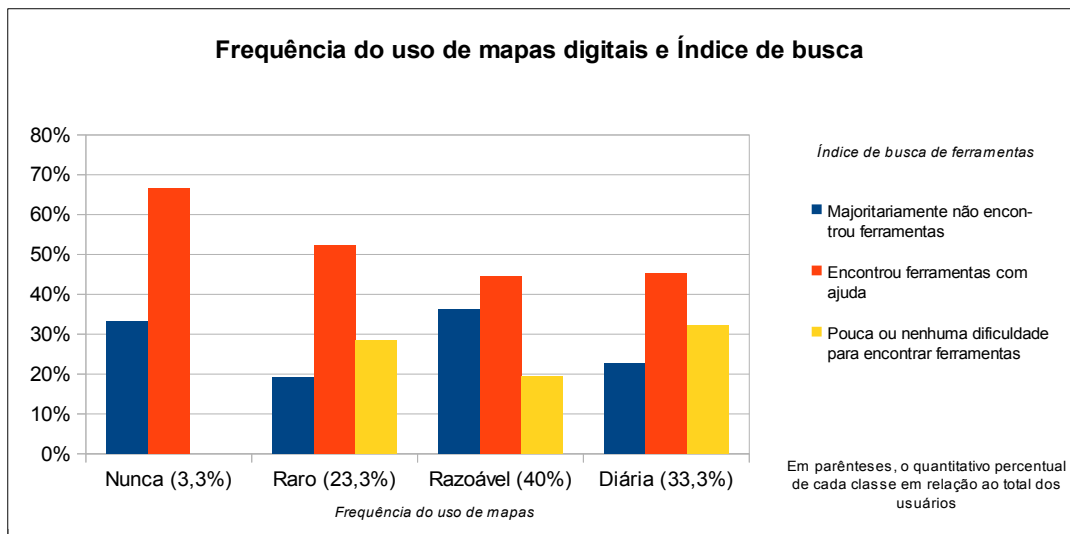


FIGURA 64 - FREQUÊNCIA DO USO DE MAPAS DIGITAIS E BUSCA
 FONTE: O AUTOR (2013)

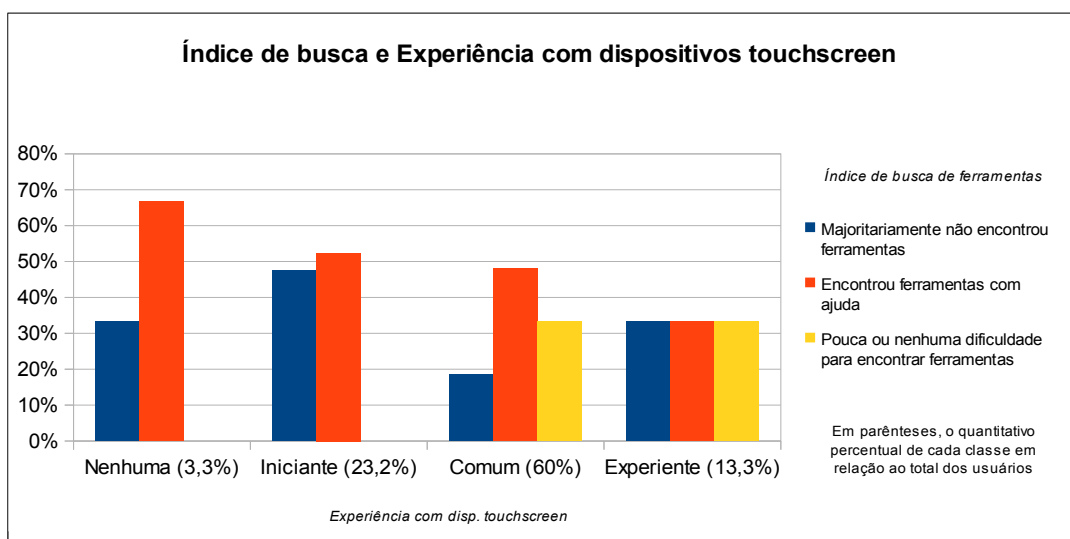


FIGURA 65 - ÍNDICE DE BUSCA E EXPERIÊNCIA COM DISPOSITIVOS TOUCHSCREEN
 FONTE: O AUTOR (2013)

Imagina-se que a dificuldade em se encontrar uma ferramenta na interface pode decorrer da forma como os elementos da interface estão aproveitados na área útil da tela do dispositivo. Logo é possível observar, por meio do cruzamento deste índice com o tipo de dispositivo utilizado na tarefa (FIGURA 66) um padrão que, mesmo que haja uma discrepância no percentual de uso de cada dispositivo, é condizente com a ideia do aproveitamento da área útil na tela ser mais importante do que o tamanho da mesma. Isso porque o dispositivo com a melhor avaliação no índice de busca é o que possui o melhor aproveitamento de área útil segundo os usuários, que elogiaram a disposição e tamanho de botões na tela, mesmo que o sistema operacional seja o mesmo utilizado em outros dois dispositivos.

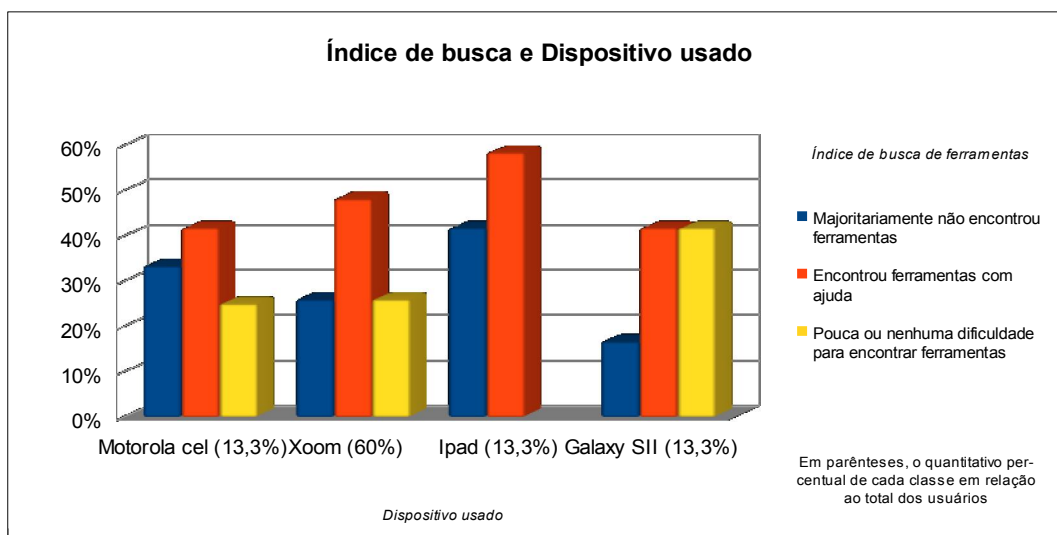


FIGURA 66 - ÍNDICE DE BUSCA E DISPOSITIVOS UTILIZADOS
 FONTE: O AUTOR (2013)

7.1.11 Interações do tipo clique

A forma como o usuário utilizou suas mãos ou dispositivo apontador para efetuar cliques (FIGURA 67) na tela também foi analisada no registro das atividades realizadas. Em específico, também foi verificada a ocorrência de

cliques pressionados, situação em que o usuário procura realizar alguma interação pressionando a tela do dispositivo por mais de 3 segundos. Este último critério em geral, é correlacionado ao critério de busca de ferramenta, apresentado no item anterior, uma vez que tal interação foi registrada pelos usuários como uma interação possível, para a tentativa de ativar uma funcionalidade a qual os mesmos estavam certos que existia.

Foi observada a prevalência do clique utilizando-se majoritariamente um único dedo (73,3%), totalizando-se cerca de 62,2% de clique utilizando o dedo indicador, para o somatório de todas as tarefas. Em proporção menor, está a utilização de múltiplos dedos (26,7%) e de outros dedos únicos (11,1%) (FIGURA 67). Este critério demonstra que os usuários tendem a não posicionar suas mãos de forma a deixar as mesmas em posição para efetuar um clique com o dedo que estiver mais perto da posição desejada, assemelhando-se ao contexto dos dispositivos apontadores e desprezando as possibilidades cognitivas e meramente funcionais do uso das mãos em dispositivos *touch*.

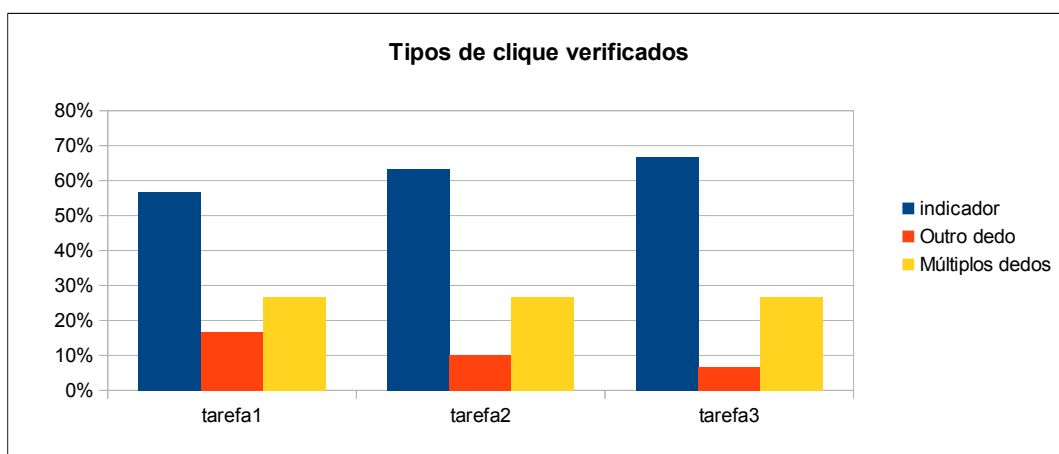


FIGURA 67 - OCORRÊNCIA DE CLIQUES
 FONTE: O AUTOR (2013)

Sobre o clique pressionado, pode-se registrar que o mesmo foi percebido de forma mais aguda no decorrer da execução da "tarefa1", com 60% dos testes com pelo menos uma ocorrência de clique pressionado para esta tarefa, provavelmente pela ocorrência de uma grande quantidade de ocorrências de

tentativa da marcação de símbolos pontuais, para traçado da rota. A ocorrência foi menor para as outras tarefas (FIGURA 68), mas demonstra que é um tipo de interação utilizada com frequência por usuários, a princípio pela dificuldade de se achar uma determinada funcionalidade, atrelada ao costume da manipulação direta por clique de mouse e arraste.

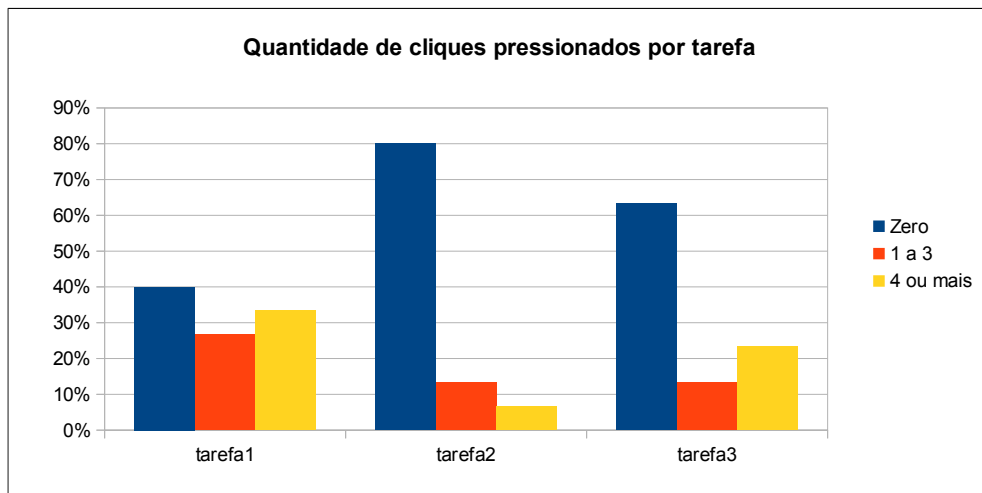


FIGURA 68 - CLASSES DE QUANTITATIVOS DE CLIQUES PRESSIONADOS
 FONTE: O AUTOR (2013)

A relação da interação de clique pressionado e o índice de busca da ferramenta (FIGURA 69) demonstram que não há relação entre a tentativa do clique pressionado e o usuário achar ou não a ferramenta encontrada. Porém em termos de quantitativo de cliques pressionado, uma vez que o mesmo ocorre tende a ser mais frequente quando há maior dificuldade destas ferramentas serem encontradas. O excesso de cliques pressionados, nos testes registrados, foi notado especialmente em situações onde há estresse e quando o usuário procura repetir o procedimento por ter certeza da existência da funcionalidade desejada.

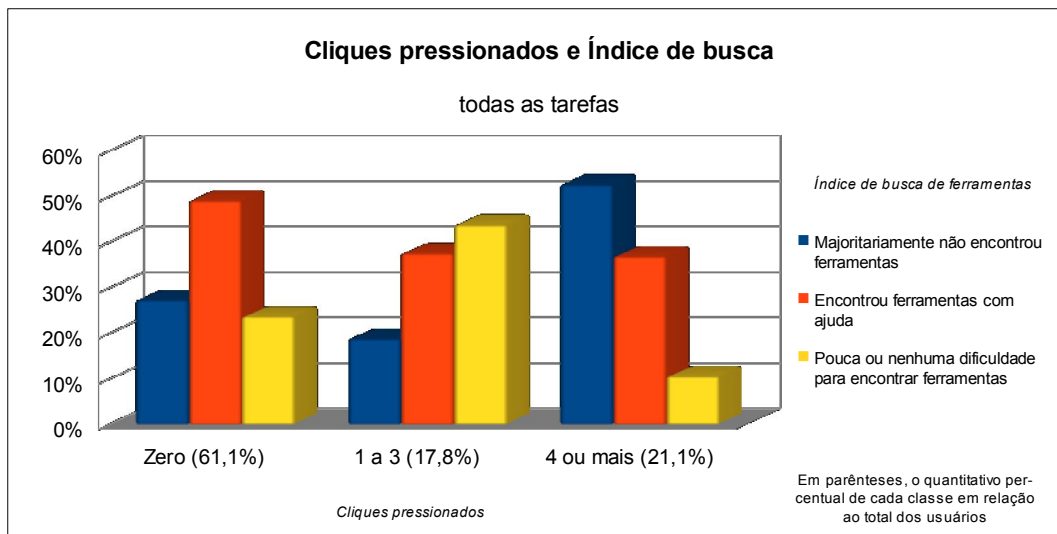


FIGURA 69 - CLIQUES PRESSIONADOS E ÍNDICES DE BUSCA

FONTE: O AUTOR (2013)

7.1.12 Tentativa de novas formas de Interação

Foram registrados menos de 8% de tentativas de novas interações durante a realização de todas as atividades propostas. Este resultado é totalmente compreensível, uma vez que há uma percepção de infalibilidade da interface e dos dispositivos utilizados, encarados como “*modernos*” e “*sofisticados*” observada em grande parte dos usuários da amostra. Assim, este resultado contribui para a ideia explicitada anteriormente sobre a conotação de verdade que mapas adquirem junto a usuários em geral.

As tentativas de novas formas de interação resumiram-se às interações na qual há mais de um toque simultâneo, apresentada como solução para a inserção de ponto em esquina. Também ocorreram interações que estão relacionadas a arrastes – para o cálculo de distância e também que pudessem ser movidos os símbolos do mapa. Por último, interações que preconizavam o uso

direto de toques na tela como o uso de dois cliques para inserir um marcador, proposto por um usuário.

7.1.13 Necessidade de Ferramenta HOME

Existente em grande parte dos mapas interativos na web e em ambientes SIG, a ferramenta HOME retorna o ponto de vista do mapa a um estágio inicial, determinado pelo criador do mapa. Para as atividades registradas, nota-se que há uma demanda por uma funcionalidade deste tipo também em mapas interativos nos dispositivos com tela sensível ao toque. Esta verificação partiu do pressuposto da necessidade verificada, durante a execução das tarefas, de que o usuário pudesse voltar ao estado inicial da tarefa apresentada, mesmo que seja perfeitamente possível que as tarefas sejam executadas sem a necessidade de retorno ao ponto de vista inicial do mapa.

Nesse sentido, foi registrada uma necessidade recorrente para tal funcionalidade: cerca de 64,4% dos usuários demonstraram a necessidade de retornar pelo menos uma vez a uma posição inicial da tarefa, quando se somam os resultados para as três tarefas propostas. Este número variou de forma significativa para a tarefa com o maior grau de dificuldade, o que pode indicar que o usuário tenta recomeçar o seu processo cognitivo para a resolução da tarefa como estratégia para enfrentar situações adversas do processo interativo.

Assim, 74% dos usuários precisaram voltar ao estado inicial do mapa durante a “tarefa1” pelo menos uma vez (FIGURA 70), sendo este índice próximo de 44% para o caso onde tal necessidade foi registrada por quatro ou mais vezes durante o uso da interface para esta tarefa. De forma análoga, é possível observar que nas tarefas 2 e 3 estes índices caem sobremaneira, havendo um equilíbrio entre a necessidade e a não-necessidade de uso desta ferramenta.

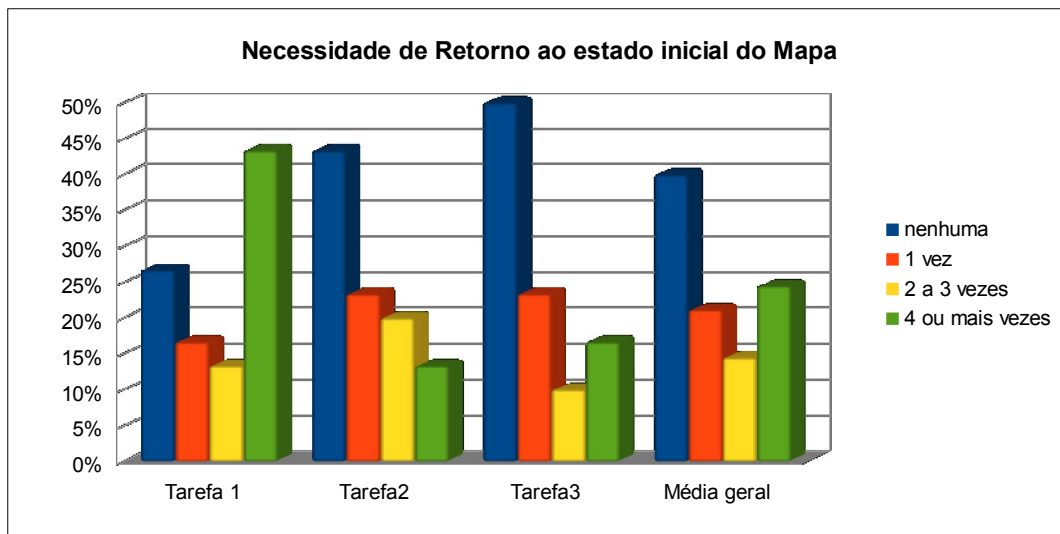


FIGURA 70 – NECESSIDADE DE RETORNO AO ESTADO INICIAL DO MAPA

FONTE: O AUTOR (2013)

7.2 Testes de posicionamento em campo

Os testes relativos ao posicionamento em ambientes externos foram realizados nos meses de dezembro de 2012 e janeiro de 2013 (FIGURA 71). Uma vez que os mesmos requeriam deslocamento até uma localidade previamente definida, havia uma dificuldade relativa ao maior tempo necessário para a realização das atividades propostas para cada tarefa. A duração de cada tarefa continuou, a exemplo dos testes em ambientes internos, entre 8 e 10 minutos, porém o tempo gasto com deslocamento e com a entrevista e preenchimento de formulários de carga de trabalho, elevou a duração dos testes para cerca 60 minutos. Dada esta exigência, destaca-se aqui a dificuldade em se recrutar voluntários para a execução destas atividades.

Este conjunto de testes, portanto, contou com uma quantidade mínima de usuários para um teste de usabilidade de uma interface. Por isto, optou-se por se diminuir as variáveis envolvidas no processo, utilizando-se apenas um aplicativo em um único dispositivo. Quatro dos cinco testes realizados ocorreram na cidade de Curitiba – PR, em uma localidade próxima à praça Riu Mizuno, no bairro Jardim das Américas. O outro teste se deu na cidade de Manaus – AM, em localidade no Conjunto Manauense, bairro N.S. das Graças e adjacências. Em relação ao grau de familiaridade dos usuários com as localidades, todos declararam conhecer a região de forma apenas superficial.

Os participantes foram três mulheres e dois homens, sendo a idade média para a amostra de 27 anos. Nenhum dos participantes trabalha diretamente com Cartografia em si, porém dois deles são engenheiros cartógrafos, um musicista, um administrador e um estudante. Um dos participantes apenas se declarou usuário experiente de mapas enquanto os outros quatro se declararam usuários comuns. Entretanto, a frequência de uso de mapas em geral foi declarada como diária por todos os usuários, à exceção de um, do mesmo modo que a frequência de uso dos mapas digitais. Em termos de experiência com dispositivos

touchscreen nota-se que os usuários se consideram iniciantes, à exceção de um, que se declara um usuário experiente (QUADRO 9).



FIGURA 71 – TESTES EM AMBIENTE EXTERNO
FONTE: O AUTOR (2013)

Acerca da influência das características pessoais nos resultados dos testes, apenas o usuário que se declarou experiente no uso de dispositivos *touchscreen* obteve um desempenho mais satisfatório do que os demais no que diz respeito à interação geral com a interface e as dificuldades advindas da busca de ferramentas ou cliques em tela. Porém, de uma forma geral os resultados foram bastante semelhantes, com dificuldades intrínsecas à orientação espacial, comuns a todos os usuários

Usuário	1	2	3	4	5
Sexo	Feminino	Feminino	Feminino	Masculino	Masculino
Idade	21	30	32	31	23
Profissão	Estudante	Eng. Cartografo	Eng. Cartografo	Musicista	Administrador
Usuário Mapa	Comum	Comum	Experiente	Comum	Comum
Frequência uso Mapas	Diária	Diária	Diária	Rara	Diária
Frequência uso Digital	Diária	Diária	Diária	Rara	Diária
Experiência Touch	Nenhuma	Iniciante	Iniciante	Nenhuma	Experiente

QUADRO 9 – USUÁRIOS E SUAS CARCTERÍSTICAS
 FONTE: O AUTOR (2013)

É importante frisar que as atividades em ambientes externos foram pensadas para que se testassem os mesmos aspectos do item anterior (uso de mapas em *gabinete*), acrescidos de aspectos intrínsecos a este tipo de utilização, como a orientação externa. Porém, ocorre neste tipo de atividade, uma dificuldade para o registro dos testes: há a impossibilidade de se efetuar o registro da tela do usuário de forma contínua e completamente visível em 100% do tempo. Isto porque não há um aplicativo que permita registrar a atividade da tela do usuário no dispositivo sem que haja lentidão no uso do mesmo, em função do hardware pouco robusto destes aparelhos. A outra opção seria acoplar um segundo dispositivo que pudesse, por meio de uma conexão sem fio, efetuar o registro. Entretanto, tanto não havia disponibilidade de outro dispositivo quanto de tempo para desenvolvimento de um aplicativo que realizasse esta gravação, em sistema operacional específico.

Assim, a filmagem das interações procurou preencher esta lacuna, porém sem a possibilidade de que fossem conhecidas todas as variáveis propostas para a análise das atividades em ambientes internos. O registro das impressões do

usuário, expressas durante a realização dos testes (*think aloud*) permitiu que a grande parte das situações e variáveis fosse identificadas, porém é possível afirmar que existiram dúvidas em relação a algumas variáveis, em especial aquelas relativas às respostas da interface. Além disso, questões acerca da eficiência de uso tendem a ser de difícil análise neste tipo de teste, uma vez que no caso dos ambientes externos o aspecto funcional também depende de outros fatores, como a mobilidade física e a interação com o meio em geral. A eficiência não pode ser, então, mensurada diretamente dentro da modelagem de testes funcional pensada para esta análise. Destaca-se que a mesma poderia ser mensurada de outras formas, porém o escopo desta análise fugiria da metodologia proposta, introduzindo novos fatores, que aqui não serão analisados.

De forma esperada, os aspectos tidos como chave na interação em *gabinete* e discutidos no item anterior, foram notados da mesma maneira nos testes em ambiente externo. Por isto, será abordado neste item apenas o que há de mais relevante em relação ao uso de dispositivos *touchscreen* em ambiente *campo*, sem repetir a análise dos mesmos aspectos, a não ser que os mesmos tenham alguma relação intrínseca ao uso de mapas nestes ambientes. Por fim, dada a pequena amostra de usuários, não foi possível identificar correlações entre os diversos aspectos envolvidos, sendo os testes aplicados úteis na identificação de problemas relacionados ao escopo geral das tarefas. Os aspectos que geraram ocorrências são discutidos nos itens abaixo.

7.2.1 Ferramenta de Pesquisa versus ponto central do mapa

Os resultados das atividades indicam que ocorre frustração por conta do fato do usuário, ao buscar uma rua e não um ponto, não conseguir, em função da simbologia utilizada, visualizar a extensão da rua, pelo menos num primeiro momento. Em outras palavras, a busca pelo nome da rua não possui uma resposta adequada da interface, da mesma forma que o ocorrido no ambiente de

gabinete, porém com o agravante de causar a sensação de desorientação imediata do usuário: “*Não consegui identificar se a rua está longe daqui ainda*”; “*Agora que dei um zoom menos que consegui achar a rua*”. A sensação parece ser semelhante à provocada pela demora do processamento de um comando: “*Não sei se fiz certo, não apareceu nada*”. Além disso, o usuário declara-se confuso pela existência de um marcador que identifica a posição atual dada pelo GPS interno do dispositivo (FIGURA 72) que nem sempre ocupa a posição central do mapa após a busca. Isto porque o usuário tende a já esperar que a rua buscada seja próxima do local onde se encontra no terreno, e espera que seu local de partida continue como o centro do mapa, mesmo após a busca.

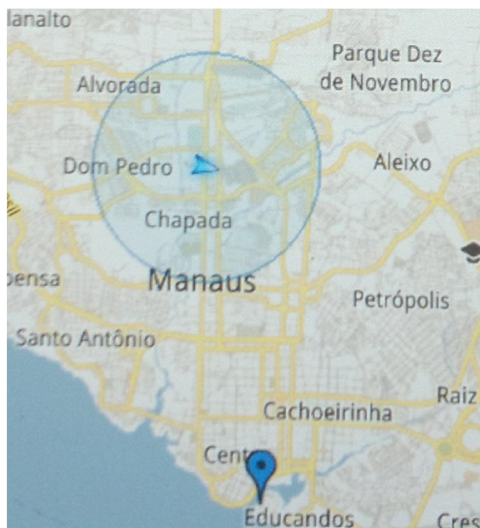


FIGURA 72 – SÍMBOLO PARA POSIÇÃO ATUAL DO USUÁRIO
FONTE: O AUTOR (2013)

Mais de um teste indicou que os usuários tendem a buscar estabelecimentos comerciais como forma de se achar uma localidade no mapa. Este fato sugere que, quando o posicionamento em tempo real está ativado, o usuário procura relacionar este posicionamento atual a outras feições existentes no espaço que o mesmo se encontra. Não fica claro, porém, se esta é uma ideia do próprio usuário ou, o que parece mais provável, se a funcionalidade de busca

do programa contribui decisivamente para que se efetue busca de estabelecimentos comerciais ou pontos de interesse na interface-mapa.

7.2.2 Orientação espacial

Dentro da psicologia cognitiva, existem diversos trabalhos que relacionam características culturais, de gênero e treinamento como os aspectos mais determinantes na habilidade de orientação espacial (BAENNINGER & NEWCOMBE, 1989; COLLUCIA, E., LOUSE, G. 2004; GREENFIELD *et al.*, 1994). O estudo aqui apresentado não pretende adentrar nesta discussão, porém os resultados obtidos sugerem que, se os usuários possuem a habilidade de se orientar no espaço com o auxílio de um mapa, a interface deste mapa pode ter influência neste processo. Ainda, a interface pode atuar de forma a atenuar ou aguçar a percepção espacial; portanto seu projeto é um fator decisivo para a eficácia em tarefas que envolvam habilidades de orientação espacial.

Nos testes aqui aplicados, é possível perceber que, quando inquiridos em relação a direções a serem seguidas e a relação entre símbolos no mapa e pontos cardeais indicativos das direções, há nos usuários uma confusão causada especialmente pelos modos de uso do mapa da interface testada. A mesma permite que os usuários utilizem o mapa em modo “estático”, na qual há uma vista ortogonal e cuja indicação do Norte independe da orientação do aparelho e destina-se ao uso da interface-mapa em uma situação em que não há movimento. Há ainda um modo de utilização para navegação, no qual o mapa assume uma projeção perspectiva e o Norte varia de acordo com a manipulação do dispositivo em relação ao seu acelerômetro (FIGURA 73). No programa analisado, o modo de navegação é ativado automaticamente quando o GPS interno do dispositivo está ligado e a funcionalidade de rota é ativada.

Na interface com a projeção ortogonal a confusão em relação ao Norte é atenuada pelo uso da variável visual animação: a partir do momento em que o

usuário se move no terreno, o cursor de posição atual se movimenta, e o acelerômetro do dispositivo influencia na simbologia do cursor, que se torna uma seta, cuja direção é atualizada em um intervalo de poucos segundos. Frisa-se que tal funcionalidade está atrelada à ativação da função de posicionamento em tempo real, que, quando desligada no início da atividade, não foi ativada por nenhum dos usuários, que por vezes notaram a ausência de “*algo que marque a direção de onde estamos indo*”. A ausência do símbolo pontual de posicionamento do dispositivo, bem como da variável orientação neste símbolo, ocasionou situações de confusão posicional, somente corrigidas após análise mais detalhada da simbologia da base cartográfica da área do entorno.

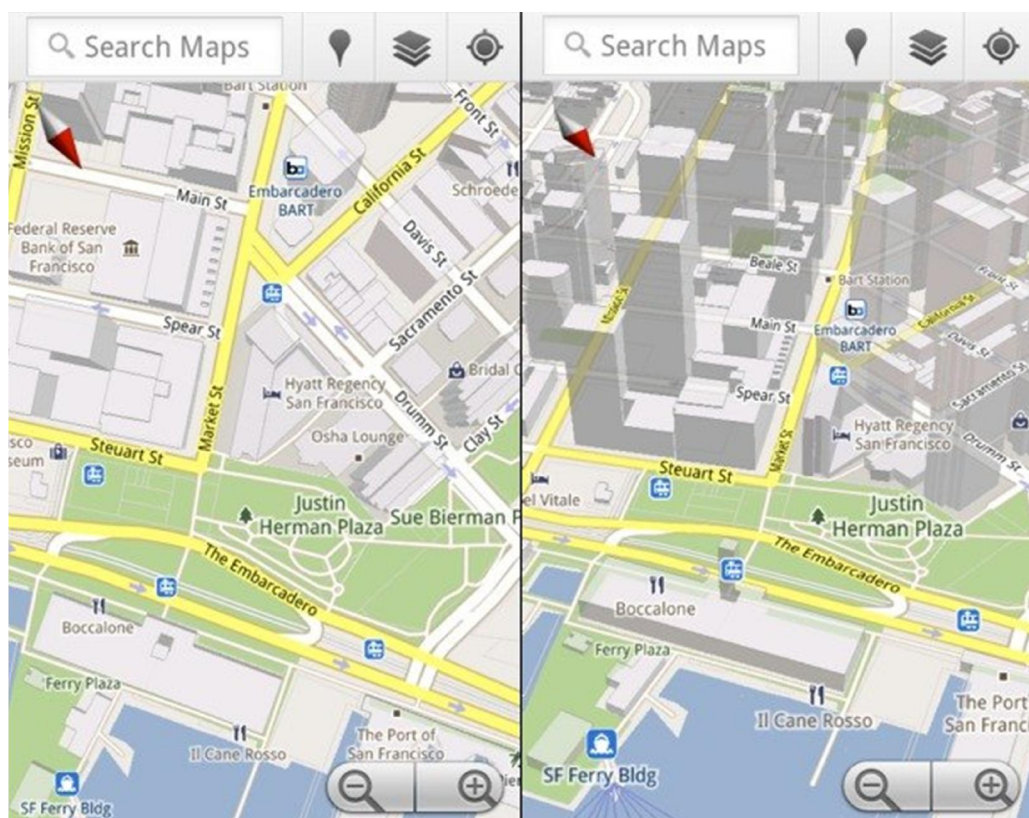


FIGURA 73 – MAPA UTILIZADO EM PROJEÇÃO ORTOGONAL E PERSPECTIVA.

FONTE: Googlesystem blog (2013)²⁴

²⁴ <http://googlesystem.blogspot.com.br/2010/12/google-maps-5-for-android-3d-maps-and.html>

Neste contexto, quando não há deslocamento, o usuário efetua uma comparação básica entre símbolos da base cartográfica – usualmente o formato de quadras e interseções entre ruas – como forma de identificar direções. Também algumas vezes, quando não há percepção imediata do símbolo pontual que indica a posição do dispositivo, ou quando o mesmo se encontra desativado, o usuário utiliza-se deste tipo de comparação como forma de identificar sua posição atual. Além disso, a simbologia de indicação do Norte por vezes não foi notada na interface, tendo os usuários utilizado-se da orientação relativa à posição do sol ou conhecimentos prévios, no momento da execução das tarefas.

Se na utilização do dispositivo em *gabinete*, a ativação do modo de navegação ocorreu algumas vezes de maneira não-intencional, nos testes desta etapa o modo de navegação não foi ativado conscientemente por conta do modo de ativação na interface ser considerado pouco intuitivo – é realizado por meio do botão “localização atual”, que ativa o uso do GPS interno. Quando o mesmo é ativado pelo entrevistador, os usuários percebem a diferença na mudança da projeção, mas consideram que a alteração, num primeiro momento, não possui efeitos sobre a execução da tarefa. Porém, a análise dos testes indica uma tendência do seu desempenho tornar-se ligeiramente inferior no que diz respeito à precisão da indicação exata do destino desejado como ponto de chegada da tarefa, quando comparados os resultados da mesma atividade executada com o mapa na projeção ortogonal. Perceptivelmente tal resultado ocorre por conta da dificuldade de interação com o mapa quando do uso de uma projeção perspectiva, e a percepção de que a mesma só teria uma justificativa plausível no caso de um usuário não interagir com o mapa, como no caso da geração automática de rotas, e apenas precisar segui-las. Sobre esse aspecto, há que se considerar que, como foi solicitada uma rota entre dois pontos já representados no mapa, os usuários resolveram não gerar uma rota automática entre eles, preferindo a interação com o mapa para indicar o melhor caminho.

Quando os usuários foram inquiridos a seguir uma determinada direção, identificada por um ponto cardinal, ocorreram problemas na relação entre a

orientação do dispositivo (aspecto) e a direção indicada – quando notada – pela bússola. Os usuários em nenhum momento consideraram rotacionar o dispositivo para que houvesse uma indicação clara de que caminho seguir no terreno, ou para que se encaminhassem para determinada direção. Os mesmos interpretaram que em 100% dos casos a interface do dispositivo poderia ser rotacionada para que o mapa fosse “encaixado” no ponto de vista da localização atual do usuário no terreno, o que em geral resultou em frustração.

Por último, nota-se que o uso de pontos cardeais para indicação de direções é um artifício pouco usado pelos usuários, que costumam substituir a indicação dos mesmos por termos relacionados à direções relativas, tendo como ponto de vista o próprio usuário (ponto de vista egocêntrico) como “*seguir em frente*” ou “*virar à esquerda*”.

7.2.3 Simbologia geral da interface

A exemplo dos testes *em gabinete* os resultados deste grupo de testes permitem comprovar que usuários em geral possuem dificuldades na identificação de ferramentas na interface, assim como com a associação direta destas ferramentas com suas funcionalidades. O adendo relativo a esta dimensão de uso está relacionada ao sentido de urgência que o uso de mapas em ambientes externos parece adquirir. Explique-se: nas atividades *de campo*, os usuários pareceram ser menos tolerantes em relação ao tempo gasto para a identificação de funcionalidades na interface. Tal impressão nos testes realizados se explica pelo fato de que em campo o mapa foi encarado como uma ferramenta de apoio para a localização e orientação, de maneira que explorar a interface para achar uma funcionalidade não foi prioridade na organização para a resolução da tarefa em questão, para nenhum dos usuários. Um exemplo desta ausência de tolerância diz respeito ao cálculo de distâncias. Nenhum usuário gastou mais que

30 segundos tentando utilizar a ferramenta régua: “É mais rápido estimar pelo tamanho da quadra”.

Quando da ocorrência de dúvidas, os usuários manifestaram-se primeiramente por meio de perguntas ao entrevistador: “Existe algum tipo de funcionalidade de busca para digitar um endereço?” ou “O mapa já muda a orientação conforme eu me movimento?”. Uma hipótese é que a posição de uso não favoreça um grande número de interações, já que os usuários estão em movimento e em posição vertical, e precisam carregar um peso aproximado de 600g com uma das mãos, além de interagir com a outra. Também se deve incluir como aspecto restritivo a influência da luminosidade na vista da tela, especialmente no que diz respeito à baixa visibilidade da tela testada em ambientes claros, em seu modo padrão. Assim, quando há luminosidade em excesso, é praticamente impossível visualizar de forma adequada os elementos da interface, por conta da existência de sombras e pelo desconforto causado pelo reflexo. Ressalta-se que, apesar de expressarem descontentamento com o *display*, em nenhum momento algum dos usuários procurou modificar a luminosidade da tela por meio da interface.

Uma solução plausível para minimizar problemas ergonômicos é o uso de comandos de voz, cuja utilização foi preconizada por um dos cinco participantes desta etapa da pesquisa. Cabe o adendo de que a ferramenta de comando de voz, no sistema analisado, não parece estar sendo desenvolvida com vistas à ativação de funcionalidades específicas, limitando-se atualmente a buscas de feições no mapa.

Por fim, um aspecto de interesse para uma análise cartográfica diz respeito aos símbolos utilizados na interface. Os símbolos utilizados nos botões de acesso a funcionalidades foram considerados confusos pelos usuários, sendo que todos indicaram que isto constitui um problema grave em situações de trabalho em campo. Em contrapartida, todos foram unânimes em apontar a simbologia do mapa como “adequada” e “intuitiva”, embora aspectos como a indicação de Norte e de escala gráfica tenham passado despercebidos e a indicação do topônimo de bairros não tenha sido suficiente para que os usuários identificassem com

aceitável eficácia os limites associados a estes. A simbologia utilizada para a identificação do posicionamento em tempo real do usuário (seta azul) foi percebido em 100% dos casos, bem como a variação na orientação desta primitiva gráfica pontual.

7.2.4 Medição de Distâncias

Uma dimensão da percepção espacial diz respeito à estimativa de distâncias no terreno e sua relação com as medidas extraídas do mapa. Uma propriedade intrínseca aos mapas é a fácil obtenção dos aspectos geométricos do terreno, inclusive a distância entre pontos de interesse. Nas análises realizadas, os usuários percorreram uma rota a pé e foram estimulados a informar a distância percorrida, bem como estimar o comprimento de uma rota alternativa a partir das informações presentes no mapa. Os resultados demonstraram que os métodos usados pelos participantes foram a utilização da ferramenta régua, a comparação de símbolos na interface, o uso da escala gráfica e a não utilização do mapa como instrumento facilitador desta percepção. Assim, há casos em que o usuário preferiu confiar na sua percepção intrínseca ao deslocamento ou mesmo em seu conhecimento prévio: *“uma quadra tem em média 100 metros de comprimento”*. Em geral todos os métodos geraram estimativas acuradas, porém a ferramenta *régua* não foi considerada suficientemente intuitiva – talvez por motivos de ergonomia, conforme levantado anteriormente – para ter sua utilização apregoada pelos usuários.

Quando há um ponto final marcado no mapa, a interface do programa analisado automaticamente informa ao usuário a distância do mesmo para o ponto de localização atual. Porém, ao ser inquirido acerca das distâncias caminhadas entre o local atual e vários pontos preexistentes no mapa, como forma de conhecer qual deles era o mais próximo, o participante usualmente não aferiu esta distância imediatamente. Graças à discreta apresentação desta

informação na interface, o usuário preferiu a geração de rotas entre os pontos que aparentaram mais proximidade ao ponto da localização atual. Porém, quando o usuário notou a existência da informação na interface, não soube afirmar se a distância apresentada foi medida em linha reta ou pelo caminhar de ruas.

Assim, tal manipulação de distâncias entre feições presentes no mapa foi considerada pelos usuários como complexa quando envolvia mais de dois pontos. Neste tipo de situação uma ferramenta de geração de área de entorno seria uma implementação de baixo custo computacional e que minimizaria a complexidade de lidar com distâncias e pontos e áreas de interesse. A mesma pode ser incorporada à interface de maneira guiada e na forma de diálogo com o usuário, como opção à existência de feições adicionais à base cartográfica. Um exemplo plausível é a implementação que preconiza a funcionalidade na ferramenta de busca, de buscas pré-determinadas, como a localização de uma determinada classe de pontos de interesse no entorno da localização atual ou mesmo dos limites de uma área de interesse.

7.3 Sugestões mitigadoras

No que diz respeito à sugestão de novos movimentos, pode-se dividir as idéias em gestual propriamente dito e no *plano* de ações para executar alguma operação. Porém, de uma maneira geral, os paradigmas da interface tradicional funcionaram como inibidores de sugestões com possibilidades multitoque. Para todas as ações solicitadas há um predomínio de idéias óbvias baseadas em botões para ativação de funcionalidades e cliques únicos, com ações individuais em sequência. Assim, os itens a seguir resumem os dois principais itens analisados pelos especialistas, a saber: interação efetuada para ativação de funcionalidades comuns aos mapas interativos e a potencial solução para problemas arrolados nos testes de usabilidade; e os comentários acerca das

proposições de novos gestuais e respostas de interface efetuadas por este trabalho.

7.3.1 Funcionalidades, gestual e retorno

O primeiro problema abordado foi a inserção de elementos no mapa, como no caso da inserção de pontos para marcação de rotas. Há a necessidade de se emular um comportamento próximo da realidade de forma a confirmar, para o usuário, que sua ação foi recebida e será processada. No estágio atual de desenvolvimento das interfaces, as soluções tendem a ser mais simples, uma vez que a resposta pode ser imediata, graças às operações realizadas diretamente do lado-cliente. Para cada tipo de ação, é sugerido que se realize um estudo para identificar quais são os tipos de respostas possíveis e sua relação com o que se espera da interface. O quadro abaixo (QUADRO 10) sumariza as sugestões acerca dos tipos de respostas e gestual para algumas ações comuns na interações com mapas

Pode-se questionar a alternância entre a projeção ortogonal e perspectiva de acordo com o uso do GPS do dispositivo, uma vez que o uso da projeção ortogonal tende a ser assimilado para usuários que não interagem com o dispositivo, utilizado principalmente na navegação enquanto se dirige veículo automotor. Nesta situação há uma necessidade de orientação específica, suprida com uma representação mais próxima da visão imediata do usuário. Entretanto, tal projeção dificultará quaisquer tipos de interação e a cartometria em si. Além disso, critica-se o uso de uma projeção não-ortogonal sem que haja dados de um Modelo digital de Elevação completo da área em questão, uma vez que os símbolos cartográficos projetados para representação bidimensional nem sempre são adequados para uma visualização projetiva (SCHMIDT, 2012), que a princípio parece demandar uma maior carga cognitiva para a interação.

Tipo de ação	Gestual	Tipo de retorno	Extra
Seleção simples	Clique único	Variação em tom de cor	Possibilidade de seleção também de classes de feições
Seleção múltipla	Cliques múltiplos simultâneos	Variação em tom de cor	
	Enquadramento por desenho com suporte ao multitoque		
Inserção de ponto (temporário)	Toque pressionado	Vibração, imediato aparecimento de símbolo pontual	
Inserção de ponto (fixo)	Toque pressionado em ponto temporário ou habilitação de modo de edição	Vibração, imediato aparecimento de caixa de diálogo para inserção atributo	
Medição de distâncias	Uso de dois dedos que simultaneamente pressionam a tela	Aparecimento de dois símbolos pontuais (início e fim), com tamanho menor que os marcadores tradicionais, e valor da distância em caixa de texto com destaque	

QUADRO 10 – SUGESTÕES MITIGADORAS
 FONTE: O AUTOR (2013)

Outro ponto discutido sobre o mesmo contexto foi que há uma frequente e brusca interrupção da visualização espacial quando se alterna a visualização para o modo de roteamento. A solução de projeto da maioria dos aplicativos comerciais “limpa” toda a visualização construída anteriormente, para representar uma rota, usualmente construída após uma busca. É fato que a maioria dos usuários procura rotas com pontos conhecidos e pretensamente familiares de partida e

chegada. Porém este incentivo ao uso da função propriamente dita, isolada do contexto geográfico ao redor pode sacrificar a noção completa do ambiente.

Em outras palavras, se um aluno recém-chegado na cidade diz que memorizou três rotas de bicicleta feitas no seu *google maps* entre os lugares que ele precisa ir frequentemente, como casa-faculdade, aula de inglês-casa, casa-academia, pode-se questionar se ele saberia dizer alguma rota possível entre a sua escola de inglês e a academia, sem passar pela sua casa? O mesmo saberia dizer se um lugar qualquer está mais próximo da sua casa ou da sua academia? Poderá ele dizer a um amigo um jeito de fugir do trânsito, caso percorram uma rota próxima da sua casa, caso estejam andando de carro? É provável que encontre dificuldades, pois as rotas construídas não estabelecem por si só uma relação com outras feições do terreno, nem permitem que se adquira uma noção de localização espacial absoluta, típica de usuários frequentes de mapas e de frequentes “usuários” de um determinado espaço geográfico.

Assim, algum tipo de visão geral, ortogonal e relativa a uma área maior (visão geral) deve ser sempre oferecida ao usuário específico de rotas. A possibilidade de se ter por padrão uma área na interface com um mapa de visão geral, na qual seja possível identificar os agrupamentos de feições geográficas, sob análise, ou um limite que defina uma visão macro da área parece ser desejável. Deve-se apenas dar a opção para que, a exemplo de toda e qualquer informação que tome algum espaço da interface-mapa na área útil do *display*, esta janela possa ser escondida a qualquer momento pelo usuário.

A análise dos testes demonstrou que, mesmo que inconscientemente, o participante organiza visualmente as informações da interface, de forma a procurar ferramentas ou feições a partir de um ponto central imaginário. Além disso, quando o usuário tem um ponto fixo onde centraliza seu ponto de vista, o mesmo parece utilizá-lo como referencial para o restante das suas análises. Assim, há o adendo de que nenhuma informação marginal deve sobrepor a área central do ponto de vista do mapa, em um quadrado de pelo menos 30% do tamanho da área útil do mapa, com centro no ponto central do mapa, sob pena

das informações consideradas mais importantes pelos usuários sejam escondidas.

A verificação realizada ainda questionou a real necessidade de se manipular a orientação do Norte, para a maior parte dos usuários. Os motivos alegados foram a ausência de lógica: no terreno, em geral orienta-se pela posição do Norte, ou se estima direção a partir de qualquer outro ponto de referência conhecido. Logo, utilizar a rotação do Norte como maneira de seguir um determinado caminho parece uma aplicação restrita a levantamentos topográficos onde se deseja, por exemplo, conhecer o rumo entre dois vértices materializados, uma aplicação extremamente específica.

A partir destas discussões, é possível propor como uma diretriz de projeto, passível de ser avaliada em testes quantitativos, que o projeto de funcionalidades cartográficas em interfaces seja realizado a partir do grau de especificidade das funcionalidades oferecidas. Quanto menos específicas as funcionalidades, maior o ganho do usuário se as interações para ativá-las sejam naturais e de fácil acesso. Funcionalidades específicas poderiam permanecer em menus não disponíveis à primeira vista, ou necessitar de ativação prévia por meio de botões ou qualquer paradigma semelhante. Isto porque usuários destas funcionalidades tendem a usar aplicações também específicas, com alto nível de treinamento no uso.

Por fim, a verificação com especialistas originou a concepção de que o tamanho do dispositivo apontador é de extrema importância para todas as funcionalidades aqui citadas, e incorre em uma relação direta com a dimensão das feições clicáveis no mapa. Assim, foi desenvolvida a ideia básica para proposição de implementação de diretrizes de projeto que considerem esta importância, sendo a mesma descrita no item 7.4.

7.3.2 Proposição de gestuais

A seguir, são apresentadas proposições para gestuais. Estes movimentos foram baseados na revisão de literatura em interações, apresentada no capítulo 3 e 5 desta tese, bem como no diálogo ocorrido nas sessões com os especialistas.

7.3.2.1 Operação de deslocamento de ponto-de-vista

Uso de dois dedos juntos, que arrastam a interface para qualquer direção. O *retorno* do sistema seria a transformação do cursor em um ícone com quatro setas.

7.3.2.2 Operação de ampliação e redução de escala em um ponto fixo

Efetua-se o movimento circular com um dedo em volta de um ponto fixo imaginário. O sentido horário amplia a escala, o sentido anti-horário reduz a escala. (FIGURA 74). Os níveis de escala reduzidos ou ampliados têm uma relação direta com o ciclo completo de rotação. O *retorno* do sistema é a marcação do ponto central dessa espiral, que identifica o ponto fixo onde há ampliação ou redução da escala. Esta técnica procura simular o movimento de um parafuso.



FIGURA 74 – PROPOSIÇÃO DE ZOOM “PARAFUSO”
 FONTE: O Autor (2013)

De forma análoga, os já bastante utilizados gestos de “pinça” podem ter como *retorno* esta “materialização” do ponto fixo usado como centro da ampliação ou redução da escala.

7.3.2.3 Operação de ampliação e redução de escala em uma determinada região

A proposição para esta operação (FIGURA 75) é o uso da seguinte sequência de ações:

- a) Toca-se em dois pontos da tela, usando-se o indicador (ou o dedo médio, ou o dedo anelar, ou o dedo mindinho) e o polegar. O *retorno* do sistema é o surgimento de duas lupas, uma em cada ponto tocado, como cursor;
- b) Desliza-se os dois dedos paralelamente em uma linha reta e eles se encontram de maneira a formar um retângulo, de maneira semelhante ao zoom por “pinça”. O deslizamento para a direita ou para cima, em relação ao usuário causa a ampliação da escala (o *retorno* do sistema é a mudança do cursor para uma lupa com um “+” dentro). O deslizamento para a esquerda ou para baixo do usuário causa a redução da escala (o *retorno* sistema é a mudança do cursor para uma lupa com um “-” dentro). Independente do sentido do movimento de deslizamento, o sistema retorna como *retorno* do movimento o desenho de um retângulo com borda em cor contrastante ao mapa e preenchimento com cor clara e transparência, concomitante à execução da operação.

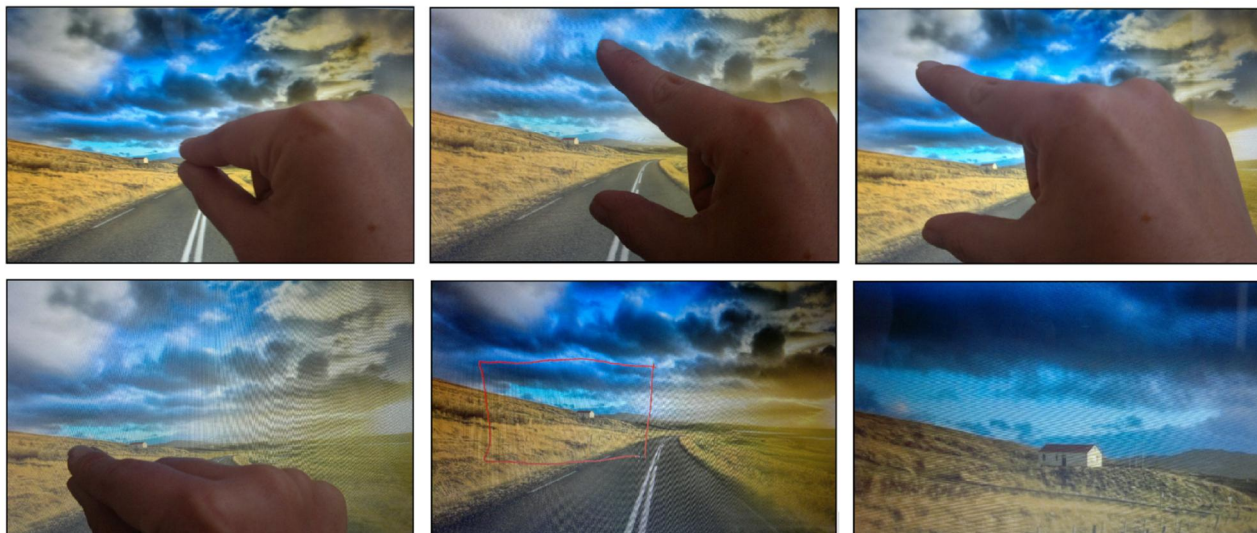


FIGURA 75 – ZOOM POR RETÂNGULO
FONTE: O AUTOR (2013)

7.3.2.4 Operação de retorno à visualização inicial

A proposição para esta operação é o uso de três toques rápidos em qualquer ponto do mapa, com dois toques simultâneos (dois dedos). O *retorno* do sistema é o aviso de retorno, por meio de texto informativo.

7.3.2.5 Operação de medição de distância entre pontos

A proposição para esta operação (FIGURA 76) é o uso da seguinte sequência de ações:

- a) Toca-se num ponto equivalente ao ponto de partida e mantém-se o dedo pressionando o ponto (o *retorno* do sistema é o surgimento de um marcador para esse ponto);
- b) Com o primeiro dedo mantido na posição inicial, usa-se outro dedo (de preferência de outra mão) para a marcação do ponto de chegada. O *retorno* do sistema é o surgimento de um marcador para este segundo ponto.
- c) Com o segundo ponto mantido pressionado, efetua-se a medição da distância deslocando o dedo que estava no ponto de partida em direção ao ponto de chegada, encontrando-se os dois dedos. O *retorno* do sistema é a mudança do cursor para uma régua, durante o deslizamento, e, ao encontrarem-se os pontos, o piscar do marcador do ponto de chegada. O valor da distância medida surgirá então, em área marginal ao mapa. O segmento de reta formado pela distância permanecerá desenhado por 30 segundos, quando irá esmaecer.

Caso se deseje, deve-se poder realizar a medição de outros segmentos de reta, bastando-se para isso que se mantenha pressionado o dedo que efetuou a marcação do ponto inicial e neste momento ocupa o ponto de chegada, que agora se tornará o ponto inicial, repetindo-se todo o procedimento.



FIGURA 76 – MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS MULTITOQUE
FONTE: O AUTOR (2013)

7.3.2.6 Operação de desenho de feições

A proposição para esta operação é o uso da seguinte sequência de ações:

- a) Toca-se num ponto equivalente ao ponto de partida e mantém-se o dedo pressionando o ponto (o *retorno* do sistema é o surgimento de um marcador para esse ponto); ao se retirar o dedo, ter-se-á o desenho de uma feição pontual;
- b) Para o desenho de feições lineares pode-se prever duas situações: para o caso do desenho de segmentos de retas entre dois pontos, deve-se efetuar o início do desenho do segmento com o uso de dois toques rápidos no ponto inicial (o *retorno* do sistema é a mudança do cursor para uma linha de espessura mínima). Esta linha é automaticamente desenhada até um ponto de chegada, também determinado por dois toques rápidos;
- c) Para o caso de desenho à mão livre, deve-se repousar o dedo em um ponto inicial até que o sistema retorne o marcador (*retorno*). Deve-se então efetuar o desenho por meio do deslize, sem retirar o dedo da tela, para qualquer direção, indicando o vetor a ser desenhado. Para interromper o desenho, basta retirar o dedo da tela.

7.3.3 Comentários sobre gestual proposto

Os comentários a seguir são uma compilação das considerações realizadas pelos especialistas consultados em conjunto com a análise crítica do desempenho dos usuários nos testes de usabilidade realizados. De uma maneira geral, todas as interações propostas parecem passíveis de adoção comercial, tendo em vista que as dificuldades de uso e problemas advindos da sua utilização

não constituem fatores suficientemente impeditivos. Para que as mesmas sejam validadas, tornar-se-ia imperioso o uso de testes funcionais quantitativos experimentais.

7.3.3.1 Zoom “Parafuso”

A ampliação de escala pelo método proposto teria o benefício de garantir ao usuário um ponto central conhecido e definido pelo próprio usuário que, como já anteriormente dito, parece ser um diferencial para a familiarização de uma referência espacial no uso do mapa. A analogia com um parafuso é ainda garantia de que haverá a fácil assimilação da metáfora do movimento para ampliação e redução de escala. Tal analogia ainda contribui para uma melhoria no controle da velocidade e suavidade com que a manipulação da escala é realizada pelo sistema, ponto percebido como falho por cartógrafos experientes em mapas interativos. Dessa maneira, também a adoção de *retorno* não seria necessária em absoluto, uma vez que a aplicação de ampliação e redução é realizada em tempo real e de forma suave, passível de percepção pelo usuário.

7.3.3.2 Zoom por retângulo

Em geral seria um gestual usado por usuários experientes, aos moldes do que se vê na operação de programas SIG. O principal benefício é o controle acurado do retângulo envolvente do mapa ampliado ou reduzido que resulta da operação. Como o movimento por vezes pode ocorrer não intencionalmente, durante a execução de zoom por pinça, faz-se necessário que o *retorno* inicial seja, de alguma maneira, ao mesmo tempo bastante notável e sutil, de forma a indicar que o usuário *começou* um movimento, mas que o mesmo não foi

completado a contento. Isto fará com que os usuários por si só testem novas maneiras de fazer a ampliação da escala, até entender o correto gestual e suas aplicações.

7.3.3.3 Retorno ao ponto de vista e escala iniciais

Efetuar cliques rápidos na tela traz a ideia de um gestual que, naturalmente viria a ser utilizado por um usuário frustrado com o estado atual da interface. Por isso, o ato deste gesto gerar um retorno ao estado inicial do mapa nem sempre será natural para um usuário frustrado. Entretanto, deve-se considerar que a velocidade para o retorno pode trazer ganhos consideráveis no desempenho de tarefas específicas.

7.3.3.4 Medição de distâncias multitoque

A adoção de mais de um ponto de toque parece ainda ser de difícil assimilação. Ensinar um usuário a utilizar a ferramenta de régua aos moldes das ferramentas SIG existentes, com clique ponto a ponto para desenho de feição linear pode ter a mesma curva de aprendizado do costume de se utilizar mais de um toque para efetuar a medição. Os benefícios cognitivos, graças ao paralelismo do uso do multitoque e as eventuais relações diretas com a escala gráfica e comparações com o tamanho de feições existentes no mapa que poderão ser feitas pelos usuários podem compensar uma eventual falta de conhecimento acerca do gestual. Além disso, o *retorno* proposto deve minimizar falhas e aumentar a aprendizagem e costume de uso relacionado a este tipo de uso do mapa.

7.3.3.5 Desenho de Feições

O desenho de feições pontuais deve considerar sempre o caráter do ponto desenhado, conforme foi discutido no item anterior. Além disso, o problema maior encontrado por usuários durante o desenho diz mais respeito à escala do mapa e os cliques indesejáveis por conta da área útil do dispositivo apontador do que pela ferramenta ou gestual, propriamente ditos. O gestual de se pressionar a tela parece adequado ao que os usuários já esperam durante o uso – provavelmente pela analogia com o uso do mouse. Para o caso dos dois cliques rápidos, justifica-se para usuários experientes, que desenharem feições lineares sem precisar “passar” pela ativação de uma ferramenta de desenho. De qualquer maneira o gestual apresentado parece poder substituir, sem qualquer ônus, o duplo clique estabelecido como gesto de ampliação de escala nas interfaces analisadas no decorrer deste trabalho.

7.4 Finger-friendly mapping

Aqui será descrito uma etapa de projeto para funcionalidades em um mapa interativo para dispositivos com tela sensível ao multitoque que considera os aspectos relacionados ao toque com o uso de dedos. A princípio, o mesmo procura considerar as características destes dispositivos apontadores para otimizar funcionalidades relativas ao clique. Portanto, nesta aplicação, usuários autenticados no banco de dados da mesma devem ter mensuradas as superfícies utilizadas como dispositivos apontadores. Tomando como exemplo o uso de dedos das mãos, um usuário deve realizar uma espécie de calibração para o uso do mapa, por meio da mensuração da superfície útil usada no toque em tela. Para realizar a mensuração da área, basta solicitar ao usuário que pressione a tela

com os dedos que serão utilizados pelo mesmo para efetuar cliques em tela, em posição que permita, por meio da área pressionada e clicada, e, dada a melhor resolução da superfície *touch*, saber qual a relação média de *pixels* sobrepostos por dedo. Este valor, aqui chamado de valor X, constituirá a relação matemática que permitirá que o mapa utilize, para aquele usuário autenticado, símbolos pontuais de tamanho adequado para o clique, em feições selecionáveis.

Em dispositivos com tela sensível ao toque, a área de toque é calculada a partir da densidade de *pixels*, em *ppi*, ou pixel por polegada. Em um dispositivo como o mais recente IPAD, cuja densidade de pixels é de 264 *ppi*, um pixel tem um lado aproximado igual a 0,096mm²⁵. Já o dedo humano, considerando-se o indicador, possui, de acordo com Dandekar *et al.* (2003) em média, uma área de toque com 16 a 20 mm em seu maior lado. Assim, em um dispositivo com uma densidade de *pixels* igual a 150ppi (1 pixel = 0,169mm de lado), como o Motorola XOOM *tablet*²⁶, o dedo indicador médio que possua uma área de toque com o maior lado igual a 18 mm geraria um valor X de 106,5, que indica uma aproximação do número de *pixels* que “cabem” num clique de um usuário. Isto indica, simplificada, que o usuário poderá ter dificuldades em clicar em qualquer feição no mapa com um tamanho/lado menor que 50 *pixels* (metade da área útil do clique) ou 8,5mm.

A literatura em IHC explicita que em diversos casos de uso de interfaces para telas sensíveis ao toque, o número de erros diminui quando a área mínima de objetos clicáveis aumenta (PARHI *et al.* 2006; PARK *et. al.* 2008). O estudo de Parhi e colaboradores (2006) indica ainda que, para dispositivos *touchscreen* de telas pequenas e interação com polegar, a área mínima a ser clicada de forma única deve ter 9,2 mm de lado para cliques únicos e 9,6mm para cliques múltiplos.

25 <http://www.apple.com/ipad/specs/>

26 <http://www.motorola.com/staticfiles/Consumers/xoom-android-tablet/us-en/techspecs.html>

Portanto, por meio da análise do tamanho da tela e resolução do dispositivo e do tamanho do dedo do usuário, seria possível, usando-se a escala do mapa e o valor X, obter uma estimativa de máximo de áreas sobrepostas em feições clicáveis, bem como do tamanho mínimo para estas feições. Além disso, o mapa deve variar a escala, pelo menos inicialmente, de forma a manter símbolos pontuais inseridos minimamente consistentes em relação à base cartográfica do ambiente representado.

É possível imaginar um exemplo prático de aplicação: um usuário deseja inserir em seu mapa, por meio de uma ferramenta de inserção de feições, pontos de interesse, como comércios existentes no bairro. Uma vez autenticado, o usuário irá, ao inserir um ponto no mapa, indicar ao sistema que aumente a escala do mapa para um valor que corresponda à visualização do símbolo correspondente ao ponto inserido com, no mínimo, 5 *pixels* de tamanho – valor este obtido por meio de uma aproximação do valor X. Ora, se o símbolo terá esta dimensão, deve-se ajustar a escala do mapa para que a base cartográfica seja visualizada de forma a manter a proporcionalidade da feição pontual inserida no mapa. Ainda, o sistema pode armazenar as interações realizadas pelo usuário de modo a mostrar, em função das interações, escalas-padrão para determinadas áreas geográficas, ou seja, aquelas mais usadas pelo usuário em seu uso.

Uma feição pontual representada por um símbolo pontual de raio de 10mm em um mapa em escala 1:10000, ocuparia, no terreno uma área circular de raio igual a 100m, praticamente um quarteirão inteiro de uma área urbana. Logo, a sugestão é que o sistema automaticamente otimize a escala, ampliando-a de forma a manter uma consistência mínima do símbolo pontual e o ambiente que o circunda. Assim, deve-se pensar em raios próximos, por exemplo, de uma área ocupada por um grande estabelecimento comercial em áreas urbanas, como 20 x 20 metros. Isso garante que, no momento da inserção do ponto, o mesmo tenha garantida uma localização mais próxima de uma localização real, evitando-se do usuário incorrer em distorções severas do posicionamento. Deve-se garantir que o mesmo mantenha a noção do todo, automaticamente abrindo-se uma janela, de tamanho mínimo (10% do tamanho da área útil da tela) que mostra a situação

geral, de acordo com a cidade escolhida. Este mapa de visão geral também pode “aprender” com as interações do usuário e mostrar, como escala padrão, o retângulo envolvente calculado de acordo com as feições inseridas pelo usuário.

Após a inserção do ponto, o sistema pode realizar uma operação simples de generalização (exagero) como forma de garantir, na representação, o tamanho mínimo do símbolo em qualquer escala utilizada. Tal funcionalidade de generalização deve ser usada somente na simbologia visível, também de forma a garantir que não haja sobreposição entre feições selecionáveis. Esta sobreposição só seria aceitável quando permitisse a diferenciação de pelo menos $2/3$ do tamanho mínimo de cada feição, de forma a minimizar o clique em uma feição próxima indesejada. Adicionalmente, um aprimoramento de algoritmo pode garantir a solução para áreas densamente povoadas de pontos, como por meio do uso de um operador de deslocamento, que deve ser aplicado somente aos símbolos, mantendo-se a localização (referencial e posição) original da feição, de acordo com os critérios definidos no momento de sua inserção.

Os benefícios deste tipo de abordagem são a garantia de que feições clicáveis, inseridas ou não pelo usuário, serão satisfatoriamente localizadas e representadas de maneira a garantir a facilidade do usuário para selecioná-las. Ao garantir um posicionamento condizente à escala da base cartográfica, as feições inseridas ou preexistentes podem ser generalizadas de forma a garantir que seus símbolos sejam facilmente clicados o que tende a diminuir o número de erros na interação com tais feições. Obviamente todos os valores aqui citados devem ser objeto de testes experimentais e constituem apenas em um exemplo do que se imagina como situações de uso reais. Para que os mesmos possam ser aferidos como confiáveis, seria também necessário inserir no cálculo um fator de correção que possa compensar fatores indesejáveis, como no caso de um *display* que possua uma área útil menor para o mapa, ou que esteja usando uma resolução de pixel que diminua a densidade de *pixels*. De forma análoga, operações como a medição de distâncias entre pontos no mapa podem ser realizadas, garantindo-se que o mapa informe ao usuário a distorção causada pela escala na qual o mesmo foi utilizado para a medição. Por exemplo, um clique

em um mapa em escala 1:12.500, considerando um valor X que gere uma superfície de clique igual a 9 *pixels* de lado, gerará um ponto de partida para o cálculo num raio de aproximadamente 47m, em um *tablet XOOM*. Esta incerteza deve, pelo menos, ser informada ao usuário para que o mesmo decida se é necessário proceder novamente com a medição aumentando-se a escala, ou se a incerteza associada é aceitável. A adoção de mapas de visão geral, como citado também no exemplo anterior, pode se encarregar de manter o ponto inicial da medição na tela do usuário, de maneira que o mesmo possa ampliar a escala do mapa principal de modo a melhorar a acurácia de sua medida.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O principal objetivo de se analisar o uso de um mapa interativo é obter dados que possam subsidiar a construção de interfaces mais adequadas, úteis e agradáveis para uso, voltada para os potenciais usuários deste mapa. A pesquisa aqui apresentada, ainda que de forma inicial, procurou estabelecer pontos-chave para que tal objetivo seja atingido, especificamente no que diz respeito aos mapas interativos em dispositivos com tela sensível ao multitoque.

Este tipo de interface possui como aspecto diferencial a possibilidade de se explorar, como nunca antes, a interatividade na manipulação das funções na interface e intrínsecas ao mapa em si. Logo, há que se considerar que até este momento os mapas não dispunham de tantas possibilidades de interação e de potencial associado ao seu uso.

A presente pesquisa inicialmente atesta que, combinando-se métodos de pesquisa vindos da Engenharia da Usabilidade, IHC e Cartografia, é possível caracterizar usos e usuários destas interfaces, de forma a tornar possível a análise das variáveis que compõem o uso básico de um mapa nos dispositivos objetos desta pesquisa. Entretanto, cabe demonstrar que os métodos apresentados, aqui utilizados em conjunto, são complementares. Não é possível, por exemplo, utilizar as respostas do formulário de percepção de carga de trabalho como uma forma de se mensurar o desempenho em si na execução das atividades propostas.

Dado o caráter móvel de dispositivos ubíquos, o contexto de uso proposto nos testes pode validar as análises resultantes, uma vez que os usuários se engajaram nas atividades, emulando usos reais. Este tipo de contexto é importante, uma vez que, por mais que os usuários soubessem ser parte de um experimento, na esmagadora maioria das seções os registros foram suficientes para captar a satisfação, frustração, preferências e opiniões, expressas consciente e inconscientemente, de forma clara e inequívoca.

As atividades propostas procuraram cobrir as situações básicas de uso de mapas, em diferentes ambientes, dispositivos e necessidades, com ênfase na análise das interações com a interface e das decisões tomadas pelos usuários para resolver os problemas propostos, considerando-se o caráter funcional deste tipo de análise. Por meio dos resultados obtidos é possível afirmar que diversos aspectos relativos ao funcionamento da interface, à interação, às características do usuário, à tarefa e à situação de uso influenciam decisivamente na efetividade da solução, tratada como um todo, sem se considerarem aspectos cognitivos específicos.

Dentre os fatores relacionados aos usuários em si, foram comprovados indícios que a experiência com dispositivos com tela sensível ao toque influencia sobremaneira diversos aspectos do uso, mas que, em geral, isto isoladamente pouco afeta o desempenho em si. Já em relação à interface, o aspecto da posição do dispositivo em relação ao mapa utilizado e sua orientação, a aceitabilidade de ferramentas na interface, a ocorrência de interações inúteis e a ocorrência de frustrações são variáveis que apresentam indicativo de relacionamento direto com os desempenhos aferidos.

Também foram demonstradas relações entre tais características de uso, o desempenho e a percepção de carga de trabalho durante a realização dos testes. Os formulários de carga de trabalho, conforme demonstrado para outras pesquisas por Albers (2009), demonstram ser um conhecimento valioso, especialmente no que diz respeito a correlacionar-se com a frustração ocorrida. Além disso, há ainda uma direta correlação dos fatores da carga de trabalho com a aceitabilidade da interface, critério básico para que se possa avaliar o futuro comercial de qualquer incursão neste mercado. Dentre os fatores avaliados na carga de trabalho, nota-se também que há uma tendência a usuários experientes minimizarem experiências negativas, assim como há uma tendência geral a subvalorizar o seu próprio desempenho.

Acerca dos problemas encontrados, primeiramente, há consideráveis dificuldades em relação ao uso e identificação de funcionalidades nas interfaces testadas. Considerando o caráter quase que universal do uso destas interfaces, o

que implica que as funcionalidades e símbolos existentes nestes aplicativos são comuns aos usuários em geral, há que se considerar que este é um problema que pode ser generalizado para interfaces em geral, desenvolvidas comercialmente para dispositivos multitoque. Os usuários dos testes realizados também demonstraram que, quando corretamente auxiliados, podem explorar toda a potencialidade da aplicação.

Em relação ao gestual empregado, percebeu-se que há aceitabilidade em relação aos métodos de navegação preexistentes na interface, como as atuais implementações de ampliação/redução de escala e de deslocamento de ponto de vista, que causaram, em geral, poucas ocorrências durante a atividade. Porém é possível notar que o algoritmo de ampliação e redução de escala por vezes causa confusão em relação ao ponto central da visualização em relação ao gestual aplicado pelo usuário.

Em termos de retorno, notou-se a ausência de *retorno* que indique também uma etapa de processamento: ao efetuar quaisquer comandos, parece necessário que uma interface cartográfica também considere eventual lentidão no processo de comunicação com a sua base de dados e permita que o usuário saiba que seu comando está sendo processado. O método de esmaecer o mapa e deixar em primeiro plano uma animação de “processo em andamento” é adequado, uma vez que passa a ideia de que não deve haver interação enquanto o comando não é totalmente processado. Porém dado o aspecto dinâmico da interação com este tipo de interface, a melhor opção é a existência de um tipo de animação fora da interface-mapa que indicasse o andamento do processamento – especialmente quando o carregamento dos dados depende de uma conexão de internet, muitas vezes lenta para estes dispositivos em comparação aos dispositivos *desktop* – permitindo ao mesmo tempo outras interações com a interface.

Foi também possível observar que há a necessidade de garantir uma resposta consistente às buscas. Especificamente, se o usuário busca na base algo em específico, o retorno no mapa deve ser uma feição equivalente. Por exemplo, ao buscar um endereço, a interface deve retornar como resultado um

elemento pictórico pontual. Se o usuário busca uma rua, o resultado deve ser um elemento pictórico linear que coincida com a extensão completa da rua. Se o usuário buscar por uma localidade, como um bairro ou uma região, o resultado deve ser um elemento pictórico de área. Em todos os casos os limites devem estar destacados da base cartográfica utilizada, uma vez que o resultado da busca deve ser uma resposta clara.

A implementação de uma funcionalidade de análise espacial básica, contendo a combinação da funcionalidade de seleção, de geração de áreas de entorno (*buffer*) com a sobreposição entre feições, sejam elas inseridas pelos usuários ou da base cartográfica, é aqui recomendada como forma de se ampliar a gama de utilização dos mapas em dispositivos com tela sensível ao toque e minimizarem-se dificuldades na medição de distâncias na interface, inclusive em ambientes externos. Tal funcionalidade deve ser apresentada na interface na forma de ferramenta guiada (de MENDONÇA, 2009), de modo a buscar a incorporação da mesma junto a uma ferramenta de pesquisa. Os casos mais específicos em ambientes urbanos seriam a geração de áreas de entorno a partir de pontos de interesse como classes de comércio – que são comumente objeto de pesquisa pelos usuários – e sua relação espacial com outras feições, como o ponto de localização atual do usuário, como por exemplo, questionamentos do tipo: “*Mostrar os supermercados existentes em um raio de X, Y, Z km a partir da localização atual*”; ou “*Mostrar os postos de gasolina existentes no bairro X, Y, Z*”.

Foi possível, por meio da observação do uso, evidenciar as estratégias cognitivas mais comuns utilizadas para o usuário no decorrer do uso das interfaces testadas, bem como dos especialistas, nas verificações efetuadas. Em comum, as estratégias cognitivas baseiam-se nas experiências progressas em ambiente digital, ou seja, carregam o paradigma das interfaces do tipo GUI, em detrimento das interações com artefatos físicos e palpáveis. Mesmo nas decisões para resolução de tarefas, notou-se que o raciocínio esteve sempre atrelado a uma assumpção tipicamente relacionada às experiências dos usuários com interfaces de aplicativos Windows, como a forma de busca e de interação por clique. Além disso, o conhecimento das funcionalidades do programa testado foi

responsável pela estratégia pensada para a resolução das tarefas – em vez de o usuário esperar que o programa atenda a sua estratégia. Isto colaborou para que ocorresse um excesso de “*mea-culpa*” frente a malfadadas tentativas de uso de determinadas funcionalidades da interface.

Assim, podem-se apontar como características da interface que notadamente corroboraram para frustração durante o uso, a identificação e localização de signos presentes nesta interface e sua correta associação com a funcionalidade que o mesmo aciona; a ausência de *retorno* adequado, no que diz respeito à ações de interação com a interface-mapa e com as funcionalidades da interface-computacional; o excesso de interações necessárias para a ativação de funcionalidades consideradas simples bem como as interações em excesso por conta de cliques incorretos, causados por problemas na resolução do dispositivo apontador e das feições selecionáveis da interface; e o projeto de algumas ferramentas, com modelo de uso incompatível com o projeto de ações dos usuários.

Nos ambientes externos, existe a influência das projeções para apresentação do mapa em visualizações dinâmicas e rotas, sendo que esta influência foi demonstrada durante as interações realizadas com o mapa quando do uso de projeção não-ortogonal. Além disso, os fatores relacionados ao aspecto do dispositivo e *display*, que nos ambientes de *gabinete* corroboram com a melhora no desempenho das atividades, passam a exercer um papel preponderante na análise da orientação posicional nessas situações de campo.

Adicionalmente, nestes ambientes foi notada a necessidade de se melhorar a relação direta entre o conhecimento do ponto onde se centraliza o ponto de vista do mapa e a navegação em si, uma vez que o ponto de vista central desconhecido causa perda de referência e confusão posicional. Também o projeto de ferramentas para as atividades externas pode considerar que neste tipo de uso as interações serão menos frequentes, dado o aspecto ergonômico de se usar/interagir com dispositivo enquanto segura-se o mesmo. Questões como a luminosidade e também o uso do Norte demonstram que são diversos os fatores que influenciam na orientação posicional em atividades *de campo*.

Outro aspecto analisado demonstra que, mesmo que comprovadamente existam incertezas quanto à precisão, acurácia e completude dos dados cartográficos e acerca do projeto cartográfico do mapa para a região geográfica analisada, os usuários tendem a pouco questionar estes fatores. Isto ocorre mesmo quando os usuários denotam a ausência de determinadas feições ou classes de feições representadas no mapa, ou mesmo quando notam que há a possibilidade de que símbolos estejam sobrepostos, escondendo-se ou tornando não acuradas informações que podem ser relevantes para o uso.

Uma reflexão acerca do fato nos permite imaginar dois cenários: o primeiro onde as atuais empresas que dominam o mercado mundial de mapas interativos conseguiram que suas interfaces adquirissem um status semelhante aos mapas tradicionais e toda a sua conotação de verdade, seja pela qualidade e inovação dos produtos, seja pelo aspecto mercadológico do poderio econômico e status tecnológico; o segundo, onde as pessoas tendem a transferir incondicionalmente a conotação de verdade dos mapas para as interfaces cartográficas interativas.

Esta confiabilidade na qualidade dos dados apresentados pelo mapa tem reflexos importantes para o projeto das interfaces para dispositivos com tela sensível ao multitoque. Um ponto que corrobora essa tese está relacionado ao grupo de usuários que interage pouco com a interface, muitas vezes porque acredita que o que está sendo apresentado em sua tela é o retrato completo de tudo o que existe naquela região geográfica ou mesmo que não há a necessidade de se interagir com o mapa para que se revelem mais informações.

A busca por interações que emulem a natureza humana e sua interação moldou o conjunto de discussões e registro de tarefas, realizados com usuários e especialistas. Cabe aqui notar que o excesso de sugestões e tentativas de uso que se aproximam do paradigma as interfaces GUI, baseadas em botões, janelas e cliques únicos, com ações individuais em sequência, talvez tenha se tornado para muitos um conjunto de ações mais natural. Mais até que a maneira como se interage com dispositivos e artefatos não digitais, no mundo dito “real”. Obviamente que tal particularidade pode vir a inverter a lógica das interfaces

naturais. Entretanto, tais princípios vêm sendo substituídos gradualmente por novas ideias e funcionalidades baseadas em novos e diferentes paradigmas que consideram que a natureza humana ainda é mais ligada ao mundo físico do que ao mundo digital.

Foram propostos nesta tese novos gestuais com vistas a evoluir a interação entre usuários e interface para formas mais naturais, além de se estenderem as funcionalidades já existentes de navegação, seleção, busca e medição de distâncias na interface. Como preconizado por Harrower e Sheesley (2005), quanto mais possibilidades para a interação nos aspectos da navegação, em geral melhor para a eficiência da solução, com consequentes melhorias em todos os aspectos envolvidos na usabilidade da interface. Além destes gestuais, também aqui se propôs uma possível implementação para aproveitamento da mensuração dos dispositivos apontadores na melhoria da eficiência da interface cartográfica, em uma abordagem que adapta a interface às características do usuário e procura mitigar as questões relativas à relação alvo *versus* dispositivo apontador. Este tipo de contribuição vai ao encontro à necessidade de diretrizes e boas práticas de projetos para interfaces cartográficas.

A principal recomendação desta pesquisa é que sejam testadas *in loco* as proposições aqui realizadas, bem como a verificação de determinadas tendências citadas na análise, como, por exemplo, da influência do paralelismo no ganho cognitivo acerca da informação geográfica ao redor ou limitado à fluidez da interação com o mapa. A construção de um mapa específico para testes de usabilidade é desejável, assim como a utilização de métodos que concebam uma menor participação de entrevistadores no processo, como forma de se evitarem influências negativas na coleta dos dados. Salienta-se ainda que, embora haja grandes dificuldades no trabalho de se avaliar e testar pessoas, este tipo abordagem é crucial para o entendimento dos mais diversos aspectos que permeiam o uso de interfaces cartográficas. O usuário é, e sempre será, o principal objetivo da Cartografia: não há razão de representar o mundo em uma “folha de papel” senão para mostrar algo a alguém.

REFERÊNCIAS

1. ABOWD, G.D.; MYNATT, E.D. Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, 7(1), p. 29-58. 2000.
2. AKASS, C. The Men Who Really Invented The Mouse. **Personal Computer World**. Novembro, 2001. p. 24-25.
3. ALBERS, M. Design for effective support of user intentions in information-rich interactions. **J. Technical writing and communication**, vol. 39 (2). p. 177-194, 2009.
4. ALBINSSON. P. ZHAI, S. High Precision Touch Screen Interaction. In proceedings **CHI 2003**, 2003.
5. ANACLETO, J. C. ; LIEBERMAN, H. ; TSUTSUMI, M. ; NERIS, V. P. A.; CARVALHO, A. F. P. de; ESPINOSA, J. ; ZEM-MASCARENHAS, S. ; GODOI, M. de S. Can common sense uncover cultural differences in computer applications? In: BRAMER, M. (Ed.) **Artificial Intelligence in Theory and Practice II**. Springer, Alemanha. 2006. p. 1-10.
6. ANDRIENKO, N., ANDRIENKO, G., SAVINOV, A., VOSS, H., WETTSCHERECK, D. Exploratory Analysis of Spatial Data Using Interactive Maps and Data Mining **Cartography and Geographic Information Science** 2001, v.28 (3), p. 151-165.
7. ANDRIENKO, G.; ANDRIENKO, N.; VOSS, H. Gis for Everyone: The CommonGIS project and Beyond. In: PETERSON, M.P.(ed.) **Maps and the Internet**. Elsevier, 2003. p. 131-146.
8. BACHL, S.; TOMITSCH, M.; WIMMER, C. GRECHENIG, T. Challenges for Designing the User Experience of Multi-touch interfaces. Engineering Patterns for Multi-Touch Interfaces. Workshop da ACM SIGCHI, **Symposium on Engineering Interactive Computing Systems**, Berlim, Alemanha: 2010.
9. BAENNINGER, M., NEWCOMBE, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. **Sex Roles**, n. 20(5/6), p. 327-344.

10. BAILEY, B.P.; GURAK, L. J.; KONSTAN, J.A. (2001). An examination of trust production in computer-mediated exchange, **Proceedings of the 7th Human Factors and the Web Conference**, Madison. Junho, 2001. p. 1-8.
11. BALAKRISHNAN, R.; HINCKLEY, K. Symmetric bimanual interaction. In Proceedings **CHI 2000**, 2000. p.33-40.
12. BANNON, L. J. "From Human Factors to Human Actors: The Role of Psychology and Human-Computer Interaction Studies in Systems Design," In: GREENBAUM, L. & KYNG, M. (eds) **Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems**, J., Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1991, p. 25-44
13. BENDER, G.T. **Touch Screen Performance as a Function of the Duration of Auditory Return and Target Size**. Tese de Doutorado. College of Liberal Arts and Sciences, Graduate School of Wichita State University. 1999.
14. BERNHAUPT, R., MIHALIC, K., OBRIST, M. Usability Evaluation Methods for Mobile Applications. In: LUMSDEN, J. (ed.) **Handbook of Research on User Interface Design and Evaluation for Mobile Technology**. Vol. 1. Information Science Reference, 2008.
15. BERTIN, J. **Sémiologie Graphique**. Paris: Gauthier – Villars. 1967.
16. BOARD, C. Map reading tasks appropriate in experimental studies in cartographic communication. **Canadian Cartographer**, vol. 15. ed. 1, p. 1-12, 1978.
17. BREWER, C.A. 1994. Color Use Guidelines for Mapping and Visualization. In: MACEACHREN, A.M.; TAYLOR, D.R.F. (eds.) **Visualization in Modern Cartography**. Nova Iorque, Elsevier Science. p. 123-147.
18. BREWER, C. A.; CAMPBELL, A.J. Beyond Graduated Circles: Varied Point Symbols for Representing Quantitative Data on Maps. **Cartographic Perspectives**. n. 29. p. 6-25. 1998.
19. BUDI, R.; NIELSEN, J. Usability of Mobile Websites. **85 Design Guidelines for Improving Access to Web-Based Content and Services**

- Through Mobile Devices.** Nielsen Norman Group. Executive Summary. 2009. Disponível em: <http://www.useit.com/alertbox/mobile-usability.html>.
20. BURIGAT, S.; CHITTARO, L. Geographic Data Visualization on Mobile Devices for User's Navigation and Decision Support Activities. In: BELUSSI A., CATANIA B., CLEMENTINI E., FERRARI E. (eds.) **Spatial Data on the Web - Modeling and Management**. Berlim: Springer, 2007. p. 261-284.
 21. BURIGAT, S.; CHITTARO, L.; GABRIELLI, S. Navigation techniques for small-screen devices: an evaluation on maps and web. **International Journal of Human-Computer Studies**, 66(2), p. 78-97, 2008.
 22. BUXTON, W.; HILL, R.; ROWLEY, P. Issues and Techniques in Touch-Sensitive Tablet Input. Proc. **ACM SIGGRAPH '85**, p. 215-224, 1985.
 23. BUXTON W. Case Study 1: Touch Tablets. In. BUXTON, W. **Human Input to Computer Systems: Theories, Techniques and Technology** (livro não-publicado). 2011. Disponível em <http://billbuxton.com/input05.TouchTablets.pdf>. Acesso em 28 de março de 2011.
 24. BUXTON, B. Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved. 2009. Disponível em: <<http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>> acesso em 10/04/2011.
 25. BUXTON, B., MYERS, B. A study in two handed input. In Proceedings **CHI 1986**. p. 321 - 326.1986.
 26. CARROLL, J. M. **HCI Models, Theories and Frameworks Toward a Multidisciplinary Science**. EUA: Morgan Kaufman, 2003.
 27. CARTWRIGHT, W. *Google maps* and mobile devices: can just one generic design work? **Revista Brasileira de Cartografia**. N. 60/03, 2008.
 28. CARTWRIGHT, W., CRAMPTON, J., GARTNER, G., MILLER, S., MITCHELL, K., SIEKIERSKA, E.; WOOD, J. Geospatial Information Visualization User Interface Issues. **Cartography and Geographic Information Science**, 28(1) p. 45-60. 2001.
 29. CHALMERS, P. A. The role of cognitive theory in human-computer interface. **Computers in Human Behavior**, 19, 593–607. 2003.

30. CHARLTON, S.G.; O'BRIEN, T.G. (eds.) **Handbook of Human Factors testing and evaluation**. 2° edição. Taylor & Francis e-Library, 2008
31. CHITTARO, L. Visualizing Information on Mobile Devices. **IEEE Computer** vol. 39(3), p. 40–45. 2006.
32. COCKBURN, A.; SAVAGE, J. Comparing speed-dependent automatic zooming with traditional scroll, pan and zoom methods. **Proceedings of 17th Human-Computer Interaction Conference**, Bath, Inglaterra, 2003.
33. COLOMBO, C.; DEL BIMBO, A.; VALLI, A. Visual capture and understanding of hand pointing actions in a 3D environment. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics**. Vol. 33, n. 4, p. 677–686. 2003.
34. ÇÖLTEKIN, A., GARLANDINI, S., HEIL, B., FABRIKANT, S.I. Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study with Eye Movement Analysis. **Cartography and GIS**. n. 36(1),p. 5-17, 2008.
35. COLLUCCIA, E., LOUSE, G. Gender differences in spatial orientation: A review **Journal of Environmental Psychology**, Vol. 24, No. 3. (Setembro, 2004), p. 329-340. 2004.
36. CRAMPTON, J.W. Maps as Social Constructions: Power, Communication, and Visualization. In: **Progress in Human Geography**. 25, 235-252. 2001.
37. CRAMPTON, J.W. Interactivity Types in Geographic Visualization. **Cartography and Geographic Information Science**. v. 29, n.2, p. 85-98, 2002.
38. DANDEKAR, K., RAJU, B.I., SRINIVASAN, M.A. 3-D Finite-Element Models of Human and Monkey Fingertips to Investigate the Mechanics of Tactile Sense. In: **Journal of Biomechanical Engineering**. Vol. 125. p.682-691. 2003.
39. DELIKOSTIDIS, I. **Methods and techniques for field-based usability testing of mobile geo-applications**.Dissertação de Mestrado, ITC Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, Holanda. 2007.

40. DENT, B.D. **Cartography: Thematic Map Design**. 5th Ed. Boston: WCB McGraw-Hill, 1999.
41. DIBIASE, D. Visualization in the earth sciences. Earth and Mineral Sciences. **Bulletin of de College of Earth and Mineral Sciences**, PSU 59(2): p. 13-18, 1990.
42. EDSALL, R., BUTTENFIELD, B., ANDRIENKO, G., ANDRIENKO, N. Interactive Maps for Exploring Spatial Data In: MADDEN, M. (ed.) **The GIS Manual**. Bethesda, Maryland: ASPRS - American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2008.
43. ERICSSON, K.A.; SIMON, H.A. **Protocol Analysis: Verbal Reports as Data**. Revised Edition. Cambridge, MA: MIT Press. 1993.
44. FAIRBARN, D.; ANDRIENKO, G.; ANDRIENKO, N.; BUZIEK, G. DYKES, J. Representation and its Relationship with Cartographic Visualization: a research agenda **Cartography and Geographic Information Science**. vol. 28. (1) p. 1-29. 2001. Disponível em: <<http://kartoweb.itc.nl/icavis/agenda/PDF/Fairbairn.pdf>> Acesso em 02/10/2010.
45. FALCHETTA, P. Perception, cognition and technology in the reading of digital cartography. **e-Perimetron**, Vol.1, n. 1, p. 77-80. 2006.
46. FIRTMAN, M. **Programming the Mobile Web**. 1. ed. O'Reilly Media. 2010.
47. FITZMAURICE, G. W. **Graspable User Interfaces**. Tese de doutorado. University of Toronto, 1996.
48. FOSSE, J.M.; CENTENO, J.A.S.; SLUTER, C.R. Avaliação de representações cartográficas tridimensionais interativas. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 16, n. 1, p.125-140, jan-mar, 2010.
49. FLANNERY, J.J. 1971. The Relative Effectiveness of some common graduated point symbols in the presentation of quantitative data. **Cartographica**. Vol. 8, n. 2, p. 96-109.
50. FRØKJÆR, E., HERTZUM, M., and HORNBAEK, K. Measuring Usability: Are Effectiveness, Efficiency, and Satisfaction Really Correlated. In **CHI'00**, Nova Iorque: ACM Press, 345-352.2000.

51. FROHLICH, D. Direct Manipulation and other lessons. In: HELANDER, M.; LANDAUER, T.; PRABHU, P. (eds.) **Handbook of human-computer interaction**. North Holland: Nova Iorque, 1997. p. 463-488.
52. FUHRMANN, S.; MACEACHREN, A.M. Navigation in Desktop Geovirtual Environments: Usability Assessment. **Proceedings of 20° International Cartographic Conference**. Beijing, 2001.
53. GARTNER, G.; BENNET, D.A.; MORITA, T. Towards Ubiquitous Cartography. **Cartography and Geographic Information Science**, Vol. 34, No.4, 2007, p. 247-257.
54. GOOGLE Inc. *Google maps* api documentation. Disponível em: <http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/maps/index.html>. Acesso em 01/05/2011.
55. GREEN, M. Toward a Perceptual Science of Multidimensional Data Visualization: Bertin and Beyond. ERGO/GERO Human Factors Science. 1998.
56. GREENFIELD, P.M., DeWINSTANLEY, P., KILPATRICK, H., KAYE, D. Action videogames and informal education: effects on strategies for dividing visual attention. **Journal of Applied Developmental Psychology**. n. 15:105-123.1994.
57. GORDON, I.E. **Theories of Visual Perception**. Taylor & Francis e-library, 3rd ed. 2004.
58. GRUDIN, J. The Computer Reaches Out: The Historical Continuity of Interface Design. Proceedings of the **CHI 1990 Conference on Human Factors in Computing Systems** (Seattle, WA), 261-268. New York: ACM. 1990.
59. GUTWIN, C.; FEDAK, C. Interacting with Big Interfaces on Small Screens: a Comparison of Fisheye, *Zoom*, and Panning Techniques. '**Proc. Conference on Graphics Interface (GI 2004)**', Canadian Human-Computer Communications Society, p. 145–152. 2004.

60. HAKLAY, M.; ZAFIRI, A. Usability engineering for GIS: Learning from a screenshot. Special Issue on Use and User Issues: **The Cartographic Journal** vol.2(45). P. 87-97. 2008.
61. HARROWER, M.; SHEESLEY, B. Designing Better Map Interfaces: A Framework for Panning and Zooming. **Transactions in GIS**. Vol. 9(2). 2005.
62. HARROWER, M. E. Overview: The user interface. In: Harrower, M. (editor) **Cartography 2.0: your guide to animated and interactive maps**. 2009. Disponível em: <<http://cartography2.org/index.html>> Acesso: 16 Março de 2010.
63. HART, S. G. NASA-Task Load Index (NASA-TLX): 20 Years Later. Proceedings of **the Human Factors and Ergonomics Society**, 50th Annual Meeting, 904-908. Santa Monica: HFES. 2006.
64. HART, S. G.; STAVELAND, L. E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: HANCOCK, P. A.; MESHKATI, N. (eds.) **Human Mental Workload**. Amsterdã: North Holland Press. 1988
65. HASSANEIN, K.; HEAD, M. Ubiquitous Usability: Exploring Mobile Interfaces within the Context of a Theoretical Model. Proceedings 15th **Conference on Advanced Information Systems Eng.** (CAiSE 2003.), Austria. Junho de 2003. p. 180-194. 2003.
66. HERTZUM, M.; HANSEN, K. D.; ANDERSEN, H. H. K. Scrutinizing usability evaluation: Does thinking aloud affect behaviour and mental workload? **Behaviour & Information Technology**. Vol. 28, n. 2, Março-Abril, p. 165-181, 2009.
67. HINCKLEY, K.; PAUSCH, R.; PROFFITT, D.; PATTEN, J.; KASSEL, N. Cooperative bimanual action. In **CHI '97: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems**, p. 27-34, Nova Iorque, EUA: ACM Press. 1997.
68. HEIL, B. The use of guidelines to obtain usability for geographic information interfaces. Proceedings of **24° International Cartographic Conference**. Santiago, Chile. 2009.

69. HIPPEL, E. von. An Emerging Hotbed of User-Centered Innovation. In: **Harvard Business Reviews**. The HBR List Breakthrough Ideas for 2007. World Economic Forum, Fevereiro, 2007.
70. HOGGAN, E., BREWSTER, S.A., JOHNSTON, J. Investigating the Effectiveness of Tactile Return for Mobile Touchscreens. **CHI' 2008**. Itália: ACM. 2008.
71. HORNBAEK, K., BEDERSON, B. B. & PLAISANT, C. Navigation patterns and usability of zoomable user interfaces with and without an overview. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)**, 9, 362-389. 2002.
72. HUTCHINS, E. L. HOLLAN, J.D. NORMAN, D.A. Direct Manipulation Interfaces. **Human-Computer Interaction**. Vol. 1, p. 311-338. 1985.
73. INGENSAND, J., GOLAY, F. Task-oriented Usability Evaluation of a Web-GIS for a Real World Community. **Journal of the Urban and Regional Information Systems Association**. Vol. 22, n.1. 2010.
74. ISO 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) Part 11: Guidance on usability. 1998.
75. ISHII, H.; ULLMER, B. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. **CHI '97**, (New York, ACM Press), p. 234-241. 1996.
76. JACOB, R.J.K.; KARN, K.S. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises (Section Commentary), in HYONA, J., RADACH, R., DEUBEL, H. (eds) **The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research**. Elsevier Science. Amsterdam. p. 573-605. 2003.
77. JANLERT, L.-E. The Evasive Interface – The Changing Concept of Interface and the Varying Role of Symbols in Human–Computer Interaction. **HCI 2007**, Springer LNCS 4550, p.117–126, 2007.
78. JORDAN, P. W. Human factors for pleasure seekers. In: **Design and the social sciences: Making connections**, FRASCARA, J. (ed.) Taylor & Francis. 2002.

79. JONES, S.; JONES, M.; MARSDEN, G.; PATEL, D.; COCKBURN, A. An Evaluation of Integrated Zooming and Scrolling on Small Screens. **International Journal of Human-Computer Studies**. 63(3), p. 271–303. 2005.
80. LAMB, R., KLING, R. Reconceptualizing users as social actors in information systems research. **MIS Quarterly**, 27(2), 2003. P. 197–235.
81. LLOYD, R.E.; BUNCH, R.L. Explaining Map-reading performance efficiency: Gender, Memory, and Geographic Information. **Cartography and Geographic Information Science**, vol. 35, n. 3. 2008. p.171-202
82. KEATES, J. **Understanding Maps**. 2ª edição. Longman, 1996.
83. KEINÄNEN, LM. **Touch Screen Mobile Devices Invading the Internet: UX Guidelines Towards One Web**. Dissertação de mestrado apresentada ao curso da “School of Electrical Engineering, master of science in technology”. Universidade de Aalto. 2011.
84. KIERAS, D.; MEYER, D.; BALLAS, J. Towards demystification of direct manipulation: Cognitive modeling charts the gulf of execution. Proceedings of the CHI 2001 Conference on Human Factors in Computing Systems. Nova Iorque, ACM. 2001. p. 128 – 135, 2001.
85. KJELDSKOV, J.; GRAHAM C. A Review of Mobile HCI Research Methods., in CHITTARO, L. (ed.), Proceedings of the **5th International Mobile HCI 2003 conference**, Springer- Verlag, p. 317-335. 2003.
86. KUMAR, R. **Research Methodology: A step-by-Step Guide for Beginners**, 2ª edição. Londres:Sage publications ltda. 2005
87. LEGANCHUK, A.; ZHAI, S; BUXTON, W. Manual and cognitive benefits of two-handed input: an experimental study. **ACM Transactions on Human Computer Interaction**, 5(4):326–359, 1998.
88. LEHMAN, K. L.; SUTARNO, C. G. DynaKey ergonomics: Physical use envelope for retail environments. **Conference Proceedings of the American Society of Mechanical Engineers, Advances in Bioengineering**, vol. 33, 1-2. 1996.

89. KEINÄNEN, L. **Touch Screen Mobile Devices Invading the Internet: UX Guidelines Towards One Web**. Dissertação de mestrado, School of Electrical Engineering, Mestrado em Ciência e Tecnologia. Aalto University, Helsinki. 2011.
90. KIERAS, D.; MEYER, D.; BALLAS, J. Towards demystification of direct manipulation: Cognitive modeling charts the gulf of execution. **SIGCHI'01**, Março 31-April 4, 2001, Seattle, WA, USA. 2001.
91. KIM, J.; PARK, J.; KIM, H.; LEE, C. HCI (Human Computer Interaction) Using Multi-touch Tabletop Display. **PacRim Conference on Communications, Computers and Signal Processing**, p. 391–394. IEEE Press, Nova Iorque, 2007.
92. LAUESEN, S. **User Interface Design: A Software Engineering Perspective**. Addison Wesley. 2005.
93. LEWIS, C.; RIEMAN, J. **Task Centered User Interface Design: A Practical Introduction**. Colorado, 1994.
94. LOOIJE, R., BRAKE, G. M. te, NEERINCK, M.A. Usability engineering for mobile maps. In **Mobility '07: Proceedings of the 4th International Conference on Mobile Technology, Applications, and Systems and the 1st International Symposium on Computer Human Interaction in Mobile Technology**, p. 532–539, Nova Iorque, NY, EUA, 2007.
95. MACEACHREN, A.M. **Some truth with maps: A primer on symbolization and design**. Washington, D.C. Association of American Geographers, 129p. 1994.
96. MACEACHREN, A.M. **How maps work: representation, visualization, and design**. New York: Guilford Press, 1995.
97. MACEACHREN, A.M.; CAI, G.; SHARMA, R.; RAUSCHERT, I.; BREWER, I.; BOLELLI, L.; SHAPARENKO, B.; FUHRMANN, S.; H. WANG. Enabling Collaborative Geoinformation Access and Decision-Making through a Natural, Multimodal Interface. **International Journal of Geographical Information Science**, 19(3): 293-317. 2005.

98. MACEACHREN, A. M.; GAHEGAN, M.; PIKE, W.; BREWER, C. A. I.; LENGERICH, E. F.; HARDISTY, F. Geo-visualization for knowledge construction and decision-support. **ComputerGraphics and Applications**. Vol. 24 (1), p. 13–17, 2004.
99. MACEACHREN, A. M.; KRAAK, M-J. Research challenges in geovisualization. **Cartography and geographic Information Science**. Vol. 28, p. 3-12. 2001
100. MAGUIRE, M. Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 55. 2001. p. 587-634.
101. MALIK, S.; RANJAN, A.; BALAKRISHNAN, R. Interacting with large displays from a distance with vision-tracked multi-finger gestural input. In **Proceedings of UIST '05**, p. 43–52. ACM Press, 2005.
102. MAZIERO, L. T. P. **Influência dos aspectos das interfaces na comunicação dos mapas interativos e a proposição de diretrizes para o design dessas interfaces**. Tese de Doutorado – Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, 2007.
103. MENG, Y.; MALCZEWSKI, J. Web-PPGIS Usability and Public Engagement: A case study in Canmore, Alberta, Canada. **Journal of the Urban and Regional Information Systems Association**. Vol. 22 n.1. 2010
104. de MENDONÇA, A.L.A. **Avaliação de Interfaces para Mapas Funcionais na Web**. Dissertação de Mestrado – curso de pós-graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, 2009.
105. MERSEY, J. E. Colour and thematic map design: The role of colour scheme and map complexity in choropleth map communication. **Cartographica** v. 27, n.03. 1990.
106. MILLER, S. Design of Multimedia Mapping Products. In: CARTWRIGHT, W., PETERSON, M.P., GARTNER, G. **Multimedia Cartography**. 2 ed. Berlin: Springer-Verlag, 2007. p.89-104.
107. MONMONIER, M. Lying with Maps. In: **Statistical Science Maps**, vol. 20, n.3. Institute of Mathematical Statistics, 2005. p.215-222.

108. MONTELO, D.R. Cognition of Geographic Information. In: McMASTER, R.B., USERY, E.L. (eds.) **A research agenda for geographic information science**. p. 61-91. Boca Raton, FL: CRC Press.2005.
109. MOSCOVITCH, T. **Principles and Applications of Multi-touch Interaction**. Tese de doutorado, Department of Computer Science - Brown University. 2007.
110. MOSCOVITCH, T.; HUGHES, J.F. Multi-finger Cursor Techniques. In **GI '06: Proceedings of the 2006 conference on Graphics interface**, p. 1–7, Quebec, Canadá, 2006.
111. MOSCOVITCH, T.; HUGHES, J. F. Indirect Mappings of Multi-touch Input Using One and Two Hands. **Proceedings of the 2008 conference on Graphics interface**. Florença, Itália, 2008.
112. NEKRASOVSKI, D.; BODNAR, A.; MCGRENERE, J.; GUIMBRETIERE, F. ;MUNZNER, T. An evaluation of pan & zoom and rubber sheet navigation with and without an overview. **Proceedings of CHI'06: ACM Conference on Human Factors in Computing Systems**, Montreal, Quebec, ACM Press, 11-20. 2006.
113. the NIELSEN COMPANY. **Connected Devices: How We Use Tablets in the U.S.** Disponível em http://blog.nielsen.com/nielsenwire/online_mobile/connected-devices-how-we-use-tablets-in-the-u-s (necessário cadastro). Acesso em 12/05/2011. 2011.
114. NIELSEN, J.; Molich, R. Heuristic evaluation of user interfaces. **Proc. CHI'90 Conference on Human Factors in Computer Systems**. Nova Iorque: ACM, 1990, p. 249-256. 1990.
115. NIELSEN, J. **Usability Engineering**. 1993.
116. NIELSEN, C.M.; OVERGAARD, M.; PEDERSEN, M.B.; STAGE, J.; STENILD, S. It's Worth the Hassle! The Added Value of Evaluating the Usability of Mobile Systems in the Field. **NordiCHI'06. ACM**. 2006.

117. NIVALA, A-M. SARJAKOSKI, L.T. Usability Evaluation of Topographic Maps on Mobile Devices. Proceedings of the **21st International Cartographic Conference**, Agosto. P. 10–16, Durban, África do Sul, 2003.
118. NIVALA, A-M.; SARJAKOSKI, L. T. Preventing Interruptions in Mobile Map Reading Process by Personalisation. **Proceedings of The 3rd Workshop on HCI in Mobile Guides**, p. 13-16. 2004.
119. NIVALA, A-M. **Usability Perspectives for the Design of Interactive Maps**. Tese de Doutorado. Department of Computer Science and Engineering. Helsinki University of Technology. Finlândia, 2007.
120. NORMAN, D. **The Design of Everyday Things**. London: The MIT Press. 2000.
121. NORMAN, D. A. **Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things**. Basic Books. 2004.
122. NORMAN, D. DRAPER, S. W. (eds) **User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction**. EUA: Lawrence Erlbaum Associates. 1986.
123. NORMAN, D. Cognitive engineering, in **User Centred System Design**, D Norman and S Draper, eds., Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 31-62. 1986.
124. NORMAN, D.; NIELSEN, J. Gestural Interfaces: A Step Backward In Usability. **Interactions**, 17(5), 46-49. 2010.
125. NORTH, K.; D'SOUZA, H. Acoustic Pulse Recognition Enters Touch-Screen Market. In: **Society for Information Display**, Vol. 22, No. 12 Touch-Screen Technology Issue. Dezembro, 2006.
126. OLSON, J. 1976. A Coordinated approach to Map Communication Improvement. **The American Cartographer**. Vol. 3, n. 2. p. 151 – 159
127. OULASVIRTA, A.; NIVALA, A. M.; TIKKA, V.; LIKKANEN, L.; NURMINEN A. Understanding users strategies with mobile maps. **Mobile Maps 2005- Interactivity and Usability of Map-based Mobile Services, a workshop**. 2005.

128. PARHI, P., KARLSON,A.K., BEDERSON, B.B. Target Size Study for One-Handed Thumb Use on Small Touchscreen Devices. In Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services (**MobileHCI '06**). ACM, Nova Iorque, EUA, p. 203-210. 2006.
129. PARK, Y.S.,HAN, S.H., Park,J., CHO, Y. Touch key design for target selection on a mobile phone.In: Proceedings of the 9th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services (**MobileHCI '08**).p. 423-426. 2008.
130. PAYNE, S., GREEN, T.R.G. Task-action grammars: a model of the mental representation of task languages. **Human-Computer Interaction**, 2, 93-133. 1986.
131. PETCHENIK, B. B. The Nature of Navigation: Some Difficult Cognitive Issues in Automatic Vehicle Navigation. **IEEE Explore**, p. 4348, 1989.
132. PHILLIPP, H. Please Touch! Explore the Evolving World of Touchscreen Technology. Revista online **Electronic design**. 2008. Disponível em <http://electronicdesign.com/article/components/please-touch-explore-the-evolving-world-of-touchsc.aspx>. Acesso em 10 de abril de 2011.
133. PIKE, W.A.; STASKO, J.; CHANG, R.; O'CONNELL, T. A. The science of interaction. **Information Visualization**. Vol.8, n.4, p.263 – 274. 2009.
134. PICKLE, L. Usability testing of map designs. In: **Proceedings of Interface 2003**, Alexandria. 2003.
135. PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H.; BENYON, D.; HOLLAND, S.; CAREY, T. **Human-Computer Interaction**. Addison-Wesley, Wokingham. 1994.
136. PREIM, B. **Development of Interactive Systems**. Berlin, Heidelberg: Springer. 1999.
137. PUGLIESI, E. A. **Avaliação da Comunicação Cartográfica de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente da UNESP, 2007.

138. RAUTERBERG, M.; SZABO, K. A design concept for N-dimensional user interfaces. In: **Proc. International Conference INTERFACE to Real & Virtual Worlds** p. 467-477, Montpellier: EC2 & Cie. 1995.
139. RAUTERBERG, M. STEIGER, P. Pattern recognition as a key technology for the next generation of user interfaces. In: **Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics - SMC'96**. Vol. 4. Piscataway: IEEE. p. 2805-2810. 1996.
140. RICHARDS, J., EGENHOFER, M.J. A comparison of two direct-manipulation GIS user interfaces for map overlay. **Geographical Systems**. vol 2 (4). P. 267-290.
141. ROBERTSON, P. K. Interactive visualisation: Its role in enabling specialists'expertise. In: **Resource technology**. Melbourne: 1994. Proceedings. The University of Melbourne, Melbourne, Australia. p. 17-24. 1994.
142. ROEBER, H., BACUS, J., TOMASI, C. Typing in Thin Air: The Canesta Projection Keyboard - a New Method of Interaction with Electronic Devices. In **CHI'03' extended Abstracts**. p. 712-713. 2003.
143. ROGERS, Y.; CONNELLY, K.; TEDESCO, L.; HAZLEWOOD, W.; KURTZ, A.; HALL, R.E.; HURSEY, J.; TOSCOS, T. Why It's Worth the Hassle: The Value of In-Situ Studies When Designing Ubicomp. In. KRUMM, J.*et al.* (Eds.) **UbiComp 2007**, LNCS 4717, p. 336–353, 2007. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
144. RÖSE, K. The development of Culture-orientated Human Machine System: Specification, Analysis and Integration of Relevant Intercultural Variables. In: KAPLAN, M. (ed.) **Cultural Ergonomics**. Amsterdam: Elsevier. 2004.
145. ROTH, R. E. Map Interaction: Introduction & Overview. In Harrower, M. (editor) **Cartography 2.0: your guide to animated and interactive maps**. 2009. Disponível em: <<http://cartography2.org/index.html>> Acesso: 16 Março 2010.
146. RUBIN, J.; CHISNELL, D.. Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests. Segunda Edição. Wiley. 2008.

147. SAFFER, D. **Designing Gestural Interfaces**. Sebastopol: O'Reilly. 1. Ed. 2008.
148. SANTELLO, M., FLANDERS, M., SOECHTING, J. F. Postural hand synergies for tool use. **The Journal of Neuroscience**, n.18. p.10105–10115, 1998.
149. SARJAKOSKI, L. T., NIVALA, A.-M., HÄMÄLÄINEN, M. Improving the Usability of Mobile Maps by Means of Adaption. In: G. Gartner (ed.), Location Based Services & TeleCartography, In: **Proceedings of the Symposium 2004, Vienna University of Technology**, January 28-29, 2004, Vienna, p. 79-84. 2004.
150. SCHEDLBAUER, M. Effects of Key Size and Spacing on the Completion Time and Accuracy of Input Tasks on Soft Keypads using Trackball and Touch Input. In: **Proceedings of the Human Factors & Ergonomics Society 51st Annual Meeting**, Baltimore, MD, October, 2007.
151. SCHOBESBERGER, D. Towards Principles for Usability Evaluation in web mapping-usability research for cartographic information systems. In: **proceedings of 24th International Cartographic Conference**, Santiago, Chile, 2009.
152. SEARS, A.; SCHNEIDERMAN, B. **High Precision Touchscreens: Design Strategies and Comparisons with a Mouse**. (Tech. Report CS-TR-2268). Department of Computer Science, Human-Computer Interaction Laboratory, University of Maryland, MD. 1989.
153. SEARS, A. Improving touchscreen keyboards: Design issues and a comparison with other devices. **Interacting with Computers**, n.3,p. 253-269. 1991.
154. SEARS, A.; REVIS, D.; SWATSKI, J.; CRITTENDEN, R.; SHNEIDERMAN, B. Investigating touchscreen typing: The effect of keyboard size on typing speed. **Behavior & InformationTechnology**, vol. 12, p. 17-22. 1993.
155. SCHMIDT, M. A. R.; DELAZARI, L. S. Proposta de Metodologia para Testes Qualitativos em Mapas 3D. **Boletim de Ciências Geodésicas**. Vol. 16, n. 4. 2010.

156. SCHMIDT, M.A.R. **Uso de Mapas 3D para navegação virtual: uma abordagem cognitiva**. Tese de Doutorado. UFPR, 2012
157. SEFFAH, A.; DONYAE, M.; KLINE, R.B.; PADDA, H.K. Usability measurement and metrics: A consolidated model. **Software Qual. Journal**. n.14. Springer Science. p. 159-178.2006.
158. SEIXAS, M. L. A. **Um método de avaliação para interfaces baseadas em mapas**. Tese de doutorado em informática. Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Informática, 2004. 113 p
159. SELLEN, A., GUIARD, Y. BUXTON, B. **Two-Handed Input in Human-Computer Interaction**. Disponível em <<http://www.billbuxton.com/input11.2H.pdf>> acesso em 13/04/2011. 2010.
160. SEMEF (Secretaria Municipal de Finanças – Manaus – AM). “Arrecadação municipal cresceu acima de 20% em 2010”. Disponível em <<http://semef.manaus.am.gov.br/receita/arrecadacao-municipal-cresceu-acima-de-20-em-2010/>>. Acesso em 10/03/2013.
161. SETLUR, V.; KUO, C.; MIKELSONS, P. Towards designing better map interfaces for the mobile: experiences from example. **Proceedings of the 1st International Conference and Exhibition on Computing for Geospatial Research; COM.Geo '10**, ACM, Washington, EUA, p. 31:1–31:4, 2010.
162. SHNEIDERMAN, B. Direct manipulation: A step beyond programming languages. **IEEE Computer**, 16(8), p.57-69. 1983.
163. SHNEIDERMAN, B. Designing the User Interface: Strategies for Effective **Human-Computer Interaction**. 3.ed. Addison-Wesley. 1998.
164. SKARLATIDOU, A.; HAKLAY, M. Public Web Mapping: Preliminary Usability Evaluation. **GIS Research**. UK: 2006.
165. SLUTER, C.R. Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico como parte do processo de comunicação cartográfica. **Portal da Cartografia**. Londrina, v.1, n.1, maio/agosto, p.1-20, 2008. Disponível em: <www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia> acesso em 18/11/2012.

166. SMALL, C. H. **Touchscreens Provide a Robust and Intuitive User Interface.** Eetimes Design. Disponível em <http://www.eetimes.com/design/other/4017909/Touchscreens-Provide-a-Robust-and-Intuitive-User-Interface>. Acesso em 09/04/2011. 2002.
167. SOARES, A. O que são Ciências Cognitivas. São Paulo: Brasiliense, 2000
168. SOUZA, C.S. **The Semiotic Engineering of Human-computer Interaction.** Cambridge: The MIT Press. 2006.
169. SPINUZZI, C. **Tracing Genres through Organizations: A Socio-cultural Approach to Information Design,** MIT Press, Cambridge, MA. 2003
170. STANTON, N. A., SALMON, P.M., WALKER, G.H., BABER, C., JENKINS, D.P. **Human factors methods: a practical guide for engineering and design.** Ashgate: Grã-bretanha. 2005.
171. STEEN, M. G. D. **The fragility of human-centred design.** Tese de doutorado, Delft University of Technology, Industrial design engineering. Novembro, 2008.
172. STONE, D.; JARRETT, C.; WOODROFFE, M., MINOCHA, S. **User Interface Design and Evaluation.** San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. 2005.
173. SUCHMAN, L. **Human-machine reconfigurations: Plans and situated actions.** Cambridge: Cambridge University Press. 2ª edição. 2007.
174. TOBÓN, C. **Usability testing for improving interactive geovisualization techniques.** Centre for Advanced Spatial Analysis, Working Paper Series, Paper 45, 2002.
175. TOUCHWINDOW. TouchScreen Technologies Comparison Table. Disponível em http://www.touchwindow.com/mm5/merchant.mvc?Screen=CTGY&Store_Code=TouchWindow&Category_Code=TouchScreenComparisons. Acesso em 03/05/2011.
176. ULLMER, B. A. **Models and Mechanisms for Tangible User Interfaces.** Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology. 1997.

177. WANG, F.; REN, X. Empirical Evaluation for Finger Input Properties In Multi-touch Interaction. **CHI 2009**, p. 1063-1072. 2009.
178. WITTE, R. S.; WITTE, J. S. **Estatística**. Sétima Edição. Rio de Janeiro: ed. LTC. 2005.
179. WESTERMAN, W.; ELIAS, J. G.; HEDGE, A. Multi-touch: A new tactile 2-D gesture interface for human-computer interaction. In **Proceedings of 45th Human Factors and Ergonomics Society annual meeting**. p.632-636, 2001.
180. WIGDOR, D.; WIXON, D. **Brave NUI World: Designing natural user interfaces for touch and gesture**. Morgan Kauffman, 2011.
181. WOOD, M. **The Power of Maps**. Nova Iorque: Guilford Press. 1992.
182. YOU, M.; CHEN, C-W.; LIU, H.; LIN, H. A Usability Evaluation of Web Map *Zoom* and Pan Functions. **International Journal of Design**. Vol. 1. n.1, 2007.
183. YOU, M.; CHEN, C-W.; LIN, H. A usability evaluation of navigation modes in interactive maps. In: **Proceedings of IASDR 2009**. Seoul, Coréia do Sul. 2009.
184. YOUNG, M. S.; STANTON, N. A. Mental workload: theory, measurement, and application. In W. Karwowski (Ed.) **International encyclopedia of ergonomics and human factors: Volume 1**, p. 507-509, London: Taylor & Francis. 2001.
185. ZHAI, S.; MILGRAM, P. Quantifying coordination in multiple DOF movement and its application to evaluating 6 DOF input devices. In **Proceedings of CHI**. p. 320–327, Nova York, EUA: ACM Press. 1998.

APÊNDICE

Apêndice 1: Questionário Aplicado nos testes

Investigação na interação em mapas em dispositivos touchscreen

Responsáveis:

Prof. Dra. Luciene Delazari

Bolsista Doutorado CNPQ, André Mendonça

Os responsáveis por esta pesquisa garantem que:

- Seu anonimato está plenamente garantido – não haverá nenhuma divulgação de dados onde apareça seu nome, seu rosto, sua voz, ou qualquer outro elemento que permita sua identificação pública;
- Sua privacidade está garantida – em nenhum momento do teste ele será constrangido a falar sobre sua vida privada e nenhum dado privativo dele será divulgado pelos responsáveis em qualquer hipótese;
- Sua liberdade de interromper o teste quando desejar, sem necessidade de apresentar explicações ou justificativas, será soberanamente respeitada.

Ao iniciar este teste você declara que:

- Autoriza o uso das informações prestadas para pesquisa científica;
- Está ciente das condições para realização do teste.

Assinatura do entrevistado

NOME: **IDADE:**
DATA: **PROFISSÃO:**

Questionário

1) Você se considera um usuário de mapas:

- a) Experiente/Avançado
- b) Comum/Mediano
- c) Com pouca experiência/Iniciante
- d) Sem experiência alguma

2) Com que frequência você usa Mapas em geral?

- a) Diariamente
- b) Com razoável frequência, especialmente durante meu trabalho
- c) Raramente
- d) Nunca

3) Com que frequência você usa Mapas digitais?

(incluindo mapas na internet, em programas específicos ou em dispositivos como celulares e tablets)

- e) Diariamente
- f) Com razoável frequência, especialmente durante meu trabalho
- g) Raramente
- h) Nunca

**4) Você se considera um usuário de dispositivos touchscreen
(incluindo celular, tablet, monitores...):**

- a) Experiente/Avançado
- b) Comum/Mediano
- c) Com pouca experiência/Iniciante
- d) Sem experiência alguma