UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO

DEPARTAMENTO DE DESENHO INDUSTRIAL

Laboratório de Ergonomia e Interfaces

Relatório de Pesquisa - Iniciação Científica

O USO DO MOUSE NAS ATIVIDADES DE REPRESENTAÇÃO EM SISTEMAS GRÁFICOS DIGITAIS: UMA AVALIAÇÃO ERGONÔMICA

THE MOUSE USE IN ACTIVITIES OF REPRESENTATION IN DIGITAL GRAPHICAL SYSTEMS: AN ERGONOMIC EVALUATION

Stanislav Poussep

Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli

(Orientador)

Relatório Final e Solicitação de Renovação de Pesquisa de Iniciação Científica apresentado à CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, desenvolvido no Laboratório de Ergonomia e Interfaces, do Departamento de Desenho Industrial, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Campus Bauru, referente ao período de 1 novembro de 2006 à 22 de agosto de 2007, sob orientação do Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli.

Bauru – 2007

RESUMO: O *mouse* de computador, apesar de ser insubstituível para a manipulação das GUIs (“*Graphical User Interfaces*”), não desempenha todas as suas funções com igual eficiência. Algumas das tarefas freqüentemente realizadas com o uso deste dispositivo são pouco compatíveis com a natureza do mesmo, com destaque para aquelas tarefas necessárias para a realização de desenho, fundamentais em atividades ocupacionais na área de representação gráfica (Arquitetura, Design, Engenharia, Artes e outras). O presente relatório de pesquisa objetivou avaliar o *mouse* na realização das tarefas do tipo “de arrastar”. Para isto, foram desenvolvidos procedimentos de avaliação, permitindo verificar a eficiência ou não do produto nas atividades de representação.

Palavras-chave: *mouse, ergonomia, design, interface, HCI, GUI*

ABSTRACT: A computer mouse, although to be irreplaceable for the manipulation of the GUIs ("Graphical User Interfaces"), does not play all its functions with equal efficiency. Some of the tasks frequently carried through with the use of this device aren’t quite compatible with it’s nature, with prominence for those tasks necessary for the accomplishment of drawing, basic in occupational activities in the area of graphical representation (Architecture, Design, Engineering, Arts and others). The present report of research objectified to evaluate the mouse in the accomplishment of the tasks of the type "to drag". For this, evaluation procedures had been developed, allowing to verify the efficiency or not of the product in the activities of representation.

Keywords: *mouse, ergonomics, design, interface, HCI, GUI*

Índice

1. INTRODUÇÃO 1

2. OBJETIVOS 3

3. METODOLOGIA 4

3.1. Aspectos éticos 4

3.2. Sujeitos 4

3.3. Instrumentos e materiais 4

3.4. Procedimentos 6

4. RESULTADOS 9

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES 11

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 13

Índice de Figuras

Figura 1: Padrão de curvas proposto para o experimento. 5

Figura 2: A tela do teste da atividade analógica. 6

Figura 3: O traço do participante sobreposto ao traço de referência. 7

Figura 4: Sujeitos da pesquisa realizando o teste. 8

Figura 5: Escala gráfica de percepção subjetiva da dificuldade da tarefa realizada. 8

Índice de Tabelas

Tabela 1: Velocidades médias (e desvio-padrão), em pixels/segundo, dos diferentes tipos de situações analisadas. 9

Tabela 2: Resultados do “test t” para a variável velocidade média. 10

Tabela 3: Resultados da percepção subjetiva da dificuldade. 11

1. INTRODUÇÃO

A simplicidade da interação do usuário com o computador moderno foi um fator decisivo na propagação das tecnologias digitais no mundo inteiro. Tal simplicidade é devida, entre outras coisas, ao emprego das chamadas GUIs: "*Graphical User Interfaces*".

Este conceito, tão difundido atualmente, foi criado na década de 1970, em "Xerox Palo Alto Research Laboratory". Seu paradigma pode ser definido pela abreviação WIMP: "*Windows, Icons, Menus and Pointing device*". O primeiro sistema a utilizar na prática o conceito da GUI, tal como se conhece hoje, foi o computador experimental "Xerox Alto".

Além de ter introduzido os "Windows, Icons & Menus" virtuais (atualmente, o termo *widgets* engloba todos esses elementos), para esse sistema foi desenvolvido o primeiro "pointing device" (dispositivo apontador): o *mouse*, considerado a alternativa mais eficaz, simples e conveniente após os extensivos testes.

Da maneira geral, podem-se distinguir duas principais formas de interação com os *widgets*, através do dispositivo apontador: um *widget* "de clicar", ou aquele associado a uma variável booleana, que, portanto, possui somente dois estados: "ativado" e "não ativado"; e um *widget* "de arrastar", aquele associado a uma variável numérica de uma ou duas dimensões (as variáveis da terceira dimensão não podem ser manipuladas diretamente na tela bidimensional). De forma coloquial, os usuários se referem a estas atividades como as "de clicar" e "de arrastar". Assim, consideremos a atividade "de clicar" como digital, e a "de arrastar" como analógica.

Apesar de facilitarem a interação homem-máquina, os dispositivos apontadores são indicados como contribuintes para o desenvolvimento das DORTs – Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (Fogleman; Brogmus, 1995). Isso se deve ao fato de que a sua manipulação seja uma tarefa repetitiva, e sem o tempo suficiente para a recuperação fisiológica do trabalho. Também são observadas posturas incorretas dos membros

superiores e a aplicação da força desnecessária por parte do usuário, então considerados fatores de risco ocupacional (Anderson, 1988, *apud* Kotani; Horii, 2001). Vários estudos têm sido realizados para localizar e sanar os problemas relacionados ao uso dos dispositivos apontadores, principalmente o *mouse*. Na linha de pesquisa da postura, Aarås; Ro (1997, *apud* Kotani; Horii, 2001), Cook; Kothiyal (1998) e Karlqvist *et al.* (1998, *apud* Kotani; Horii, 2001) utilizaram eletromiografia (EMG) de superfície para determinar a carga muscular proveniente da manipulação do *mouse*. Ainda na mesma linha, Dowell; Gscheidle (1997, *apud* Kotani; Horii, 2001) e Harvey; Peper (1997) estudaram os efeitos da localização dos dispositivos apontadores sobre o desconforto experimentado pelo usuário; e Aarås *et al.* (1997) avaliaram diferentes posturas de trabalho envolvendo dispositivos apontadores, com e sem suportes para membros. Também têm sido realizadas pesquisas relacionadas à freqüência do uso do *mouse* por parte de diferentes aplicativos (Johnson *et al.*, 1993, *apud* Kotani; Horii, 2001) e à força aplicada pela mão e/ou os dedos do usuário sobre o *mouse* (Johnson *et al.*, 2000; Akamatsu; MacKenzie, 2002; Kotani; Horii, 2001). Além dos estudos envolvendo a questão fisiológica, existem pesquisas que visam otimizar o desempenho dos dispositivos apontadores através da intervenção no *software*, refinando o algoritmo pelo qual o computador traduz o movimento do dispositivo apontador para o movimento do cursor na tela (MacKenzie, 1995, *apud* Akamatsu; MacKenzie, 2002; Jellinek; Card, 1990). E, por fim, a avaliação subjetiva por parte do usuário também é relevante para o desenvolvimento dos dispositivos apontadores, e foi aplicada por Woods *et al.* (2003).

Dentre as diversas metodologias existentes para a avaliação dos dispositivos apontadores, uma bastante utilizada consiste na amostragem das coordenadas [X, Y] retornadas pelo dispositivo apontador (Douglas; Mithal, 1997, *apud* Akamatsu; MacKenzie, 2002; Accot; Zhai, 1997; MacKenzie *et al.*, 2001). A partir dessa amostra, diversos índices podem ser deduzidos: o tempo do movimento, a velocidade do movimento, a taxa de erro, e o *throughput* (relação de bits/tempo: parâmetro proposto pela lei de Fitts), sendo assim

caracterizada por uma metodologia versátil, já que Akamatsu; MacKenzie (2002) e Kotani; Horii (2001) acrescentaram a essa amostra a medida da força aplicada proveniente de um sensor digital.

Existe atualmente o padrão ISO cuja finalidade é auxiliar na análise dos dispositivos apontadores (ISO 9241, part 9: "*Requirements for non-keyboard input device*", *apud* Akamatsu; MacKenzie, 2002) a partir da avaliação da atividade de aproximação do cursor de um alvo definido, ou seja, uma atividade essencialmente digital (já que se distinguem somente dois estados, do ponto de vista da interface: "cursor dentro do alvo" e "cursor fora do alvo", sem enfoque na trajetória percorrida).

Accot; Zhai (1997) sugeriram que a lei de Fitts original (restrita ao espaço unidimensional), normalmente empregada nas pesquisas de HCI, não traduz bem as atividades analógicas, tais como a navegação em menus e ambientes 3D, o desenho de curvas e a escrita a mão. Eles também propuseram a extensão da lei de Fitts para o espaço bidimensional, o que representa melhor as atividades analógicas. MacKenzie *et al.* (1991, *apud* Accot; Zhai, 1997) e Johnson *et al.* (1994, *apud* Fogleman; Brogmus, 1995) fizeram as comparações de ambas as atividades: digitais e analógicas. A conclusão geral é que as atividades analógicas são mais difíceis de serem executadas pelos usuários. Isso pode ser observado também na prática: projetistas de aplicativos preferem construir interfaces que privilegiam os *widgets* digitais.

2. OBJETIVOS

Este estudo objetivou avaliar a eficiência ergonômica do *mouse* nas atividades analógicas ("de arrastar"), através da velocidade média e da percepção de dificuldade da tarefa. A hipótese levantada é que o *mouse*, apesar de ser praticamente insubstituível para as atividades digitais ("de clicar"), é pouco eficiente nas atividades analógicas.

3. METODOLOGIA

3.1. Aspectos éticos

Toda abordagem de campo foi realizada nas dependências do Campus da UNESP de Bauru, e os aspectos éticos foram atendidos através da aplicação de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), baseado na resolução 196/96 – CNS, do Ministério da Saúde; e no "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado" (ABERGO, 2003). Considerando que a abordagem foi realizada através de interface digital, o TCLE também foi aplicado através dessa mídia.

3.2. Sujeitos

Participaram do estudo 30 sujeitos (53.33% de gênero masculino e 46.67% feminino, sendo que todos preferiram manejar o *mouse* com a mão direita), com idade média de 20,03 anos (d.p. 1,85), matriculados em cursos de graduação e pós-graduação no campus da UNESP / Bauru, particularmente divididos em dois grupos: 15 alunos com experiência em aplicativos relacionados ao desenho (já que desenhar no computador é uma atividade essencialmente analógica), e 15 alunos sem esta experiência.

3.3. Instrumentos e materiais

Para este estudo foi desenvolvido um aplicativo simulador (AS), capaz de avaliar objetivamente o desempenho dos participantes da pesquisa ao manipular o *mouse*.

A função do AS é coletar as coordenadas do ponteiro do *mouse*, e armazená-las para a posterior análise. As coordenadas [X, Y] (em *pixels*) e o tempo do instante da coleta (com precisão de 1 microssegundo) foram registrados a uma taxa de 25 Hz, sempre que o movimento do *mouse* foi detectado.

As coordenadas foram coletadas após os sujeitos serem orientados a reproduzir com o cursor do *mouse* um padrão gráfico (em forma de curva aberta), o qual procura sintetizar os tipos de traço mais comuns numa tarefa de desenho (curvas sinuosas, "trajeto I", retas, "trajeto II", e curvas arbitrárias "trajeto III" – Figura 1).

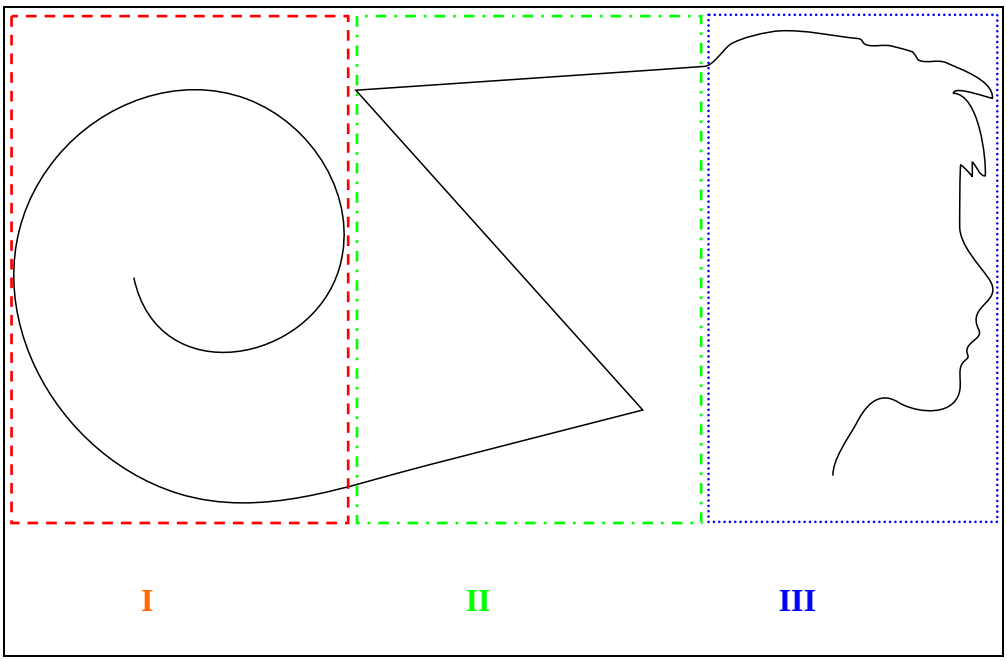


Figura 1: padrão de curvas proposto para o experimento.

Para a elaboração do protótipo do AS optou-se pela plataforma "Macromedia Flash", por esta ser extremamente versátil, compatível e altamente otimizada para operações com gráficos vetoriais.

Para a abordagem de campo, optou-se pelo uso de um computador portátil (*HP Pavillion dv1000*, com processador *Intel Celeron* M, 1,5 GHz e 504 MB de memória RAM).

O *mouse* utilizado para o teste (modelo "Microsoft Optical Mouse by Starck") era provido de sensor ótico, o que dispensou o uso do *mousepad* e deu maior liberdade para os movimentos. Nas configurações do *mouse*, a aceleração do ponteiro foi desabilitada para não interferir nos resultados.

3.4. Procedimentos

Os sujeitos foram convidados a participar como vonluntários, e individualmente submeteram-se à avaliação junto ao AS. A primeira tela apresentava o TCLE, o qual deveria ser lido pelo sujeito, e havia a possibilidade de se recusar a continuar a participação, ou assinalar o "aceite". Neste caso, automaticamente surgia a tela com o protocolo de identificação, na qual o sujeito preenchia seus dados pessoais. Na tela seguinte, deu-se início à realização do teste propriamente dito, seguindo as orientações no cabeçalho da tela (Figura 2).

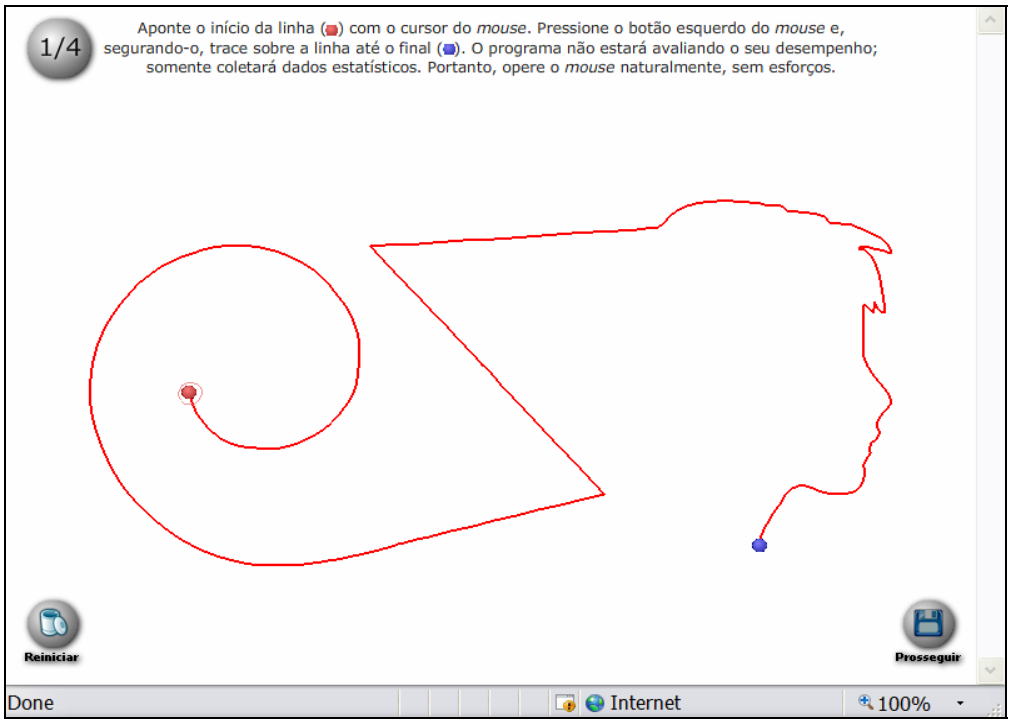


Figura 2: a tela do teste da atividade analógica.

Na prática, a atividade consistiu em traçar o padrão representado com a linha vermelha utilizando o cursor do *mouse*, do início (ponto vermelho) ao final (ponto azul) indicados. Caso o traço do participante fosse interrompido antes do final ou se afastasse mais de 32 *pixels* do traço de referência, o AS automaticamente anulava e reiniciava o teste daquela tela. O traço criado pelo participante é representado pela cor azul (Figura 3).

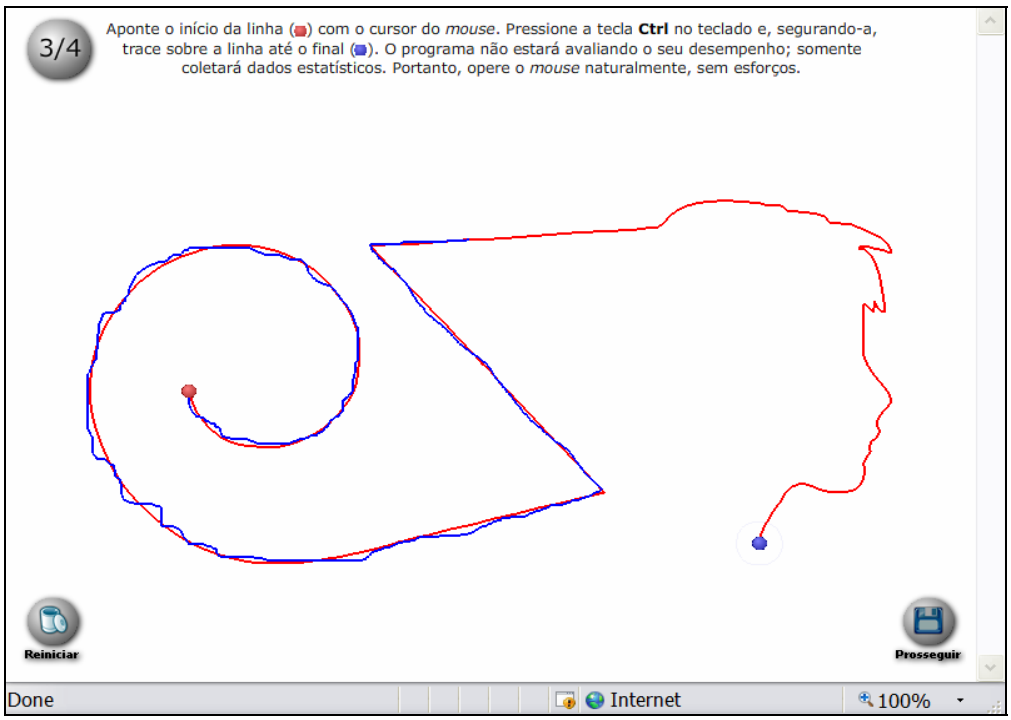


Figura 3: o traço do participante sobreposto ao traço de referência.

Aplicaram-se dois variantes do teste: variante "A", onde o traço é acionado clicando e segurando o botão esquerdo do *mouse*, e variante "B", onde o traço é acionado segurando-se a tecla "Control" no teclado do microcomputador (Figura 4). Ambas as variantes foram aplicadas para cada participante, e a sua ordem de apresentação foi randomizada no início do teste. Cada teste foi repetido duas vezes, sendo que somente os resultados da última foram armazenados para a posterior análise. No total, quatro telas com testes são apresentadas ao participante.

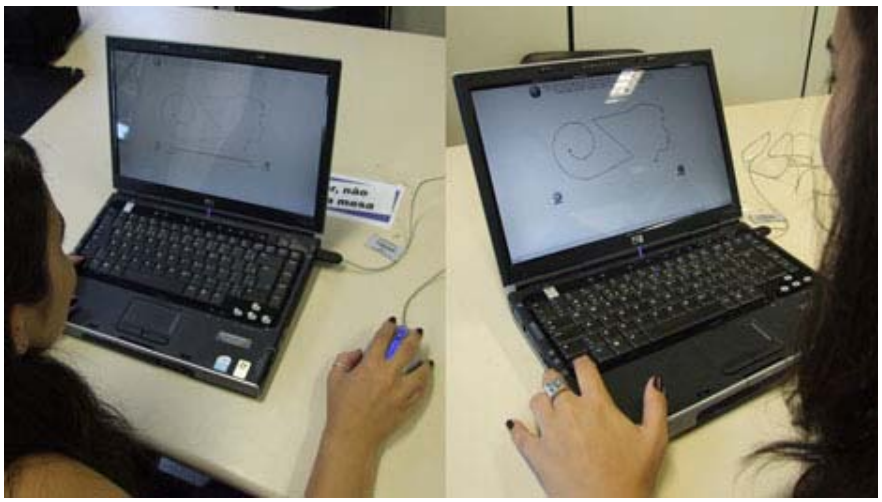


Figura 4: sujeitos da pesquisa realizando o teste.

Automaticamente, ao final de cada teste, era apresentada ao sujeito uma escala gráfica, ou não-graduada, cujos extremos apresentavam os conceitos “sem qualquer dificuldade” e “máxima dificuldade”, para que o participante indicasse um ponto na escala que melhor representasse sua percepção da dificuldade da tarefa (Figura 5). Tais informações seriam úteis para avaliar a aceitação subjetiva de uma forrma alternativa de acionamento (acionamento pelo teclado, no caso, já que o acionamento via clique já é frequentemente empregado).

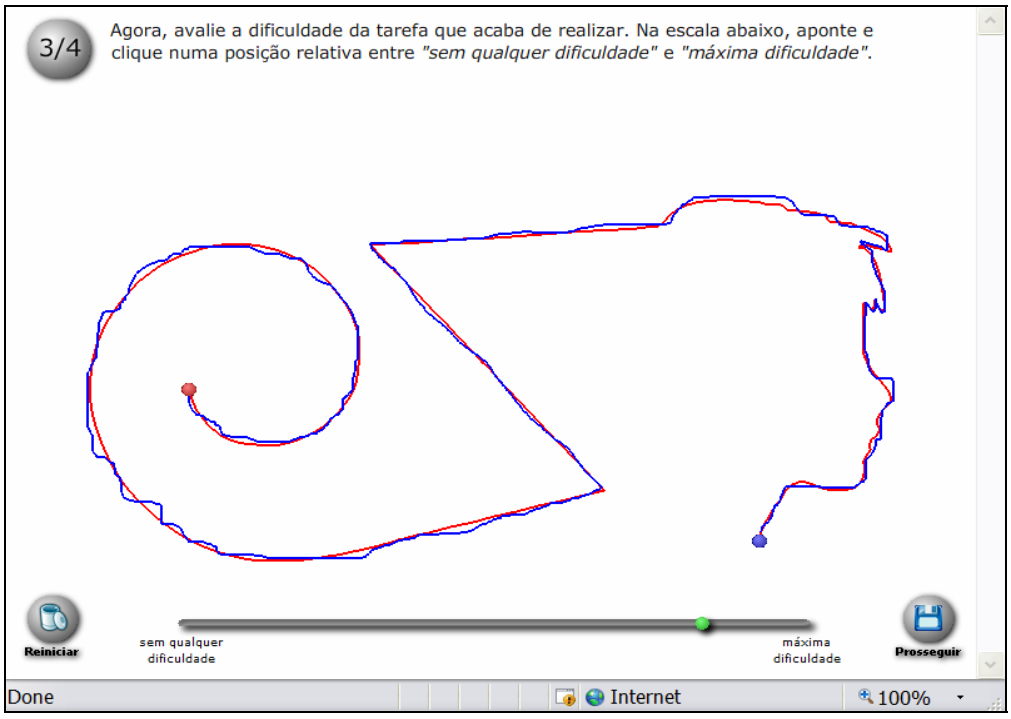


Figura 5: escala gráfica de percepção subjetiva da dificuldade da tarefa realizada.

Os resultados da velocidade média (pixels / segundo) da tarefa foram analisados a partir de estatística descritiva, e aplicou-se o "*test t*" de Student ($p \leq 0,05$), a fim de observar as possíveis diferenças entre os grupos de sujeitos (experientes e não experientes), entre as variantes de acionamento via clique no *mouse* ou teclado; e entre os três trajetos. Os resultados da análise de percepção subjetiva foram analisados com o teste estatístico de Wilcoxon ($p \leq 0,05$), a fim de identificar possíveis diferenças entre os grupos anteriormente descritos.

4. RESULTADOS

Os resultados das velocidades médias (em pixels / segundo) para os diferentes grupos de sujeitos, variantes e trajetos são apresentados na Tabela 1. Os resultados na análise do "*test t*" de Student ($p \leq 0,05$) são apresentados na Tabela 2.

Teste	**Velocidade média (em *pixels*/segundo)**	**Desvio padrão**
Não-experiente, Trajeto I, acionamento por *mouse*	52,51	23,12
Não-experiente, Trajeto II, acionamento por *mouse*	57,50	25,96
Não-experiente, Trajeto III, acionamento por *mouse*	33,44	09,07
Não-experiente, Trajeto I, acionamento pelo teclado	51,10	23,20
Não-experiente, Trajeto II, acionamento pelo teclado	55,37	22,03
Não-experiente, Trajeto III, acionamento pelo teclado	32,01	10,99
Experiente, Trajeto I, acionamento por *mouse*	50,90	23,41
Experiente, Trajeto II, acionamento por *mouse*	55,76	24,28
Experiente, Trajeto III, acionamento por *mouse*	32,88	10,41
Experiente, Trajeto I, acionamento pelo teclado	48,99	17,61
Experiente, Trajeto II, acionamento pelo teclado	59,18	25,46
Experiente, Trajeto III, acionamento pelo teclado	36,65	10,56

Tabela 1: velocidades médias (e desvio-padrão), em pixels/segundo, dos diferentes tipos de situações analisadas.

			MOUSE						TECLADO				
			Trajeto I		Trajeto II		Trajeto III		Trajeto I		Trajeto II		Trajeto III
			Exp	Não Exp	Exp	Não Exp	Exp	Não Exp	Exp	Não Exp	Exp	Não Exp	Exp
TECLADO	Trajeto III	Não Exp	0,007	0,000	0,003	0,000	n/s	n/s	0,005	0,000	0,001	0,000	n/s
		Exp	0,007	0,021	0,001	0,007	0,019	n/s	0,002	0,024	0,000	0,005	
	Trajeto II	Não Exp	n/s	n/s	n/s	n/s	0,001	0,000	n/s	n/s	n/s		
		Exp	0,012	n/s	n/s	n/s	0,000	0,002	0,002	n/s			
	Trajeto I	Não Exp	n/s	n/s	n/s	n/s	0,006	0,002	n/s				
		Exp	n/s	n/s	0,037	n/s	0,000	0,005					
MOUSE	Trajeto III	Não Exp	0,008	0,001	0,003	0,000	n/s						
		Exp	0,000	0,008	0,000	0,002							
	Trajeto II	Não Exp	n/s	n/s	n/s								
		Exp	n/s	n/s									
	Trajeto I	Não Exp	n/s										

Tabela 2: resultados do "*test t*" para a variável velocidade média.

Foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as velocidades médias (Tabela 1) nos Trajetos I, II e III (ver Figura 1).

Os resultados da percepção subjetiva da dificuldade estão apresentados na Tabela 3. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas de performance e nem de dificuldade subjetiva entre grupos de usuários experientes e não-experientes.

Percepção Subjetiva	Valor Médio	Desvio padrão
Não-experiente, acionamento por *mouse*	54,33	22,84
Não-experiente, acionamento pelo teclado	48,33	28,23
Experiente, acionamento por *mouse*	44,27	21,43
Experiente, acionamento pelo teclado	45,20	25,14

Tabela 3: resultados da percepção subjetiva da dificuldade.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Dos resultados relativos às velocidades médias de execução da atividade (Tabela 1 e 2), e levando em consideração ambos os grupos (usuários experientes e não experientes) e ambos os tipos de acionamento (teclado ou clique no *mouse*), o Trajeto III teve a velocidade média significativamente menor do que o Trajeto I e o Trajeto II. Isso sugere que os usuários tenham maior dificuldade para realizar o traço no Trajeto III (composto por curvas arbitrárias) do que nos outros dois trajetos (compostos por curvas regulares).

Observou-se ainda que, dentro do Trajeto III e do grupo dos usuários experientes, a velocidade média do traço acionado pelo teclado (36,65) foi significativamente maior ($p = 0,019$) do que do traço acionado pelo clique no *mouse* (32,88). A substituição do acionamento por clique no *mouse* pelo acionamento por tecla aparentou ser vantajosa para os usuários experientes, especialmente no Trajeto III (o de maior dificuldade). Possivelmente, estes usuários conseguiram tirar proveito do alívio da musculatura da mão direita (aquela que manipulava o *mouse*).

Entre o Trajeto I e II, as diferenças de velocidade média não foram significativas, com exceção do teste com sujeitos experientes, no qual a velocidade no Trajeto II com o acionamento pelo teclado (59,18) foi significativamente maior que no Trajeto I (clique no *mouse*, 50,90; e pelo teclado, 48,99); e no Trajeto II com acionamento pelo clique no *mouse* (55,76) foi significativamente maior que no Trajeto I (teclado 48,99). Possivelmente esta condição se deu uma vez que o Trajeto II apresentava retas, cujo desempenho da ação manual

em atividades deste gênero tende a ser melhor.

Já os usuários não-experientes não apresentaram nenhuma relação do tipo do acionamento com a performance obtida. Isso pode ser explicado pelo fato de qualquer tipo do traço, acionado tanto pelo *mouse*, quanto pelo teclado, seja igualmente difícil para um usuário não-experiente. Isto também é corroborado pela análise da percepção de dificuldade (Tabela 3), que foi maior que a dos sujeitos experientes, apesar de não significativa estatisticamente.

Também se esperava que o acionamento do traço via teclado fosse avaliado como vantajoso pela maioria dos participantes do estudo. Na tarefa de clicar e arrastar, os mesmos grupos de músculos são responsáveis por ambas as tarefas, simultaneamente. Separar as tarefas, alocando a de arrastar para uma mão e a de clicar para outra, é vantajoso do ponto de vista biomecânico, porém a grande maioria dos participantes estava habituada a combinar o clique e o movimento numa única mão, portanto teve dificuldade para dissociar as duas tarefas. Somente os usuários que se declararam experientes no uso de *software* gráfico tiveram melhor performance no trajeto III (ver Figura 1) ao substituírem o acionamento por clique no *mouse* pelo acionamento por teclado.

Ficou evidente que os traços arbitrários apresentam maior dificuldade para a sua representação do que os traços regulares, compostos por segmentos de arcos e retas. Na prática, pode-se observar que o *mouse* é bastante utilizado para o desenho vetorial (traços regulares), enquanto os dispositivos do tipo *tablet*, que simulam o manejo de um lápis ou caneta no papel, são mais aconselhados para os traços arbitrários.

No geral, constatou-se a dificuldade em aplicar a lei de Fitts na avaliação da tarefa, tanto na sua forma unidimensional quanto na bidimensional, conforme já havia descrito Accot; Zhai (1997). Chi; Chung (1996), Chi *et al* (1999), Khalid (2000) e Mitta; Flores (1995) fizeram a avaliação ergonômica da tarefa de desenho no *software* "Autodesk AutoCAD", decompondo a atividade de construção gráfica em sub-tarefas. Card *et al* (1983, *apud* Chi; Chung, 1996) observa que a lei de Fitts se aplica para o uso do dispositivo apontador num ambiente CAD.

Neste caso, o operador aponta diversos alvos razoavelmente distanciados. Já o traço contínuo, observado nos *softwares* como o "Adobe Photoshop", não se enquadra na descrição da lei de Fitts, e não foi encontrado nenhum estudo deste tipo de atividade manual.

A alternativa, utilizada em CAD, que consiste na utilização de um *tablet* como um dispositivo apontador auxiliar, também apresenta diversos problemas. Khalid (2000) observa que a alternância constante entre a interface teclado/*mouse*/*display* e o *tablet* gráfico é prejudicial para o desempenho do operador.

Portanto, conclui-se que é atual a necessidade de desenvolvimento de um dispositivo apontador que combine as melhores qualidades tanto do *tablet* quanto do *mouse*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aarås, A., Fostervold, K.I., Ro, O., Thorensen, M., Larsen, S., 1997. Postural load during VDU work: a comparison between various work postures. *Ergonomics* 40 (11), 1255-1268.

Aarås, A., Ro, O., 1997. Workload when using a mouse as an input device. *International Journal of Human-Computer Interaction* 9 (2), 105-118.

Accot, J., Zhai, S., 1997. Beyond Fitts' law: models for trajectory-based HCI tasks. *Proceedings of the CHI '97 Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, New York, 295-302.

Akamatsu, M., MacKenzie, I.S., 2002. Changes in applied force to a touchpad during pointing tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics* 29, 171-182.

Chi, C.F., Chung, K.L., 1996. Task analysis for computer-aided design (CAD) at a keystroke level. *Applied Ergonromics* Vol 27, No. 4, 255-265.

Chi, C.F., Lan, W.S., Tsai, J.R., 1999. Deriving and analyzing performance strategy in a two-dimensional drawing task. *International Journal of Industrial Ergonomics* 25 (2000) 393-404.

Cook, C.J., Kothiyal, K., 1998. Influence of mouse position on muscular activity in the neck, shoulder and arm in computer users. *Applied Ergonomics* 29 (6), 439-443.

Douglas, S.A., Mithal, A.K., 1997. *The ergonomics of computer pointing devices*. Springer, New York, 1997, 233.

Dowell, W.R., Gscheidle, G.M., 1997. The effect of mouse location on seated posture. In: Salvendy, G., Smith, M.J., Koubek, R.J. (Eds.), *Advances in Human Factors/Ergonomics*, 21A Design of Computing Systems: Cognitive Considerations. Elsevier, Amsterdam, 607-610.

Fogleman, M., Brogmus, G., 1995. Computer mouse use and cumulative trauma disorders of the upper extremities. *Ergonomics* 38 (12), 2465-2475.

Harvey, R., Peper, E., 1997. Surface electromyography and mouse use position. *Ergonomics* 40 (8), 781-789.

International Council of Societies of Industrial Design. 2006. *Definition of Design*. Disponível em: http://www.icsid.org/about/Definition_of_Design/. Acessado em 24.05.2006.

ISO (International Organisation for Standardisation), 1999. *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)* - Part 9 - Requirements for non-keyboard input devices (ISO 9241-9). Report Number ISO/TC 159/SC4/WG3 N147.

Jellinek, H.D., Card, S.K., 1990. Powermice and user performance. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '90*. ACM, New York, 213-220.

Johnson, P., McLoone, H., Adams, E., Arms, S., 2000. Developing miniature force-sensing technologies for measuring the forces applied to a computer mouse. *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress* (6), 629-632.

Johnson, P.E., Dropkin, J.J., Hewes, J., Rempel, D., 1993. Office ergonomics: motion analysis of computer mouse usage. *Proceedings of the American Industrial Hygiene Conference and Exposition*, 12-13.

Johnson, P.W., Tal, R., Smutz, W.P., Rempel, D.M., 1994. Fingertip forces measured during computer mouse operation: a comparison of pointed and dragging. *Proceedings of the International Ergonomics Association 1994 Meeting* (2), Occupational Health and Safety (Human Factors Association of Canada: Toronto), 208-210.

Karlqvist, L.K., Bernmark, E., Ekenvall, L., Hagberg, M., Isaksson, A., Rostö, T., 1998. Computer mouse position as a determinant of posture, muscular load and perceived exertion. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* 24 (1), 62-73.

Khalid, H.M., 2000. Modelling and analysis of CAD expert behaviour in using manual input devices. *International Journal of Industrial Ergonomics* 27 (2001), 79-92.

Kotani, K., Horii, K., 2001. A fundamental study on pointing force applied to the mouse in relation to approaching angles and the index of difficulty. *International Journal of Industrial Ergonomics* 28, 189-195.

Mackenzie, I.S., 1995. In: Barfield, W., Furness, T.A. (Eds.), *Virtual environments and advanced interface design*. Oxford, New York, 437-470.

MacKenzie, I.S., Kauppinen, T., Silfverberg, M., 2001. Accuracy measures for evaluating computer pointing devices. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI 2001*. ACM, New York, 9-16.

MacKenzie, I.S., Sellen, A., Buxton, W., 1991. A comparison of input devices in elemental pointing and dragging tasks. *Proceedings of ACM CHI'91 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 161-166.

Mitta, D.A., Flores, P.L., 1995. User productivity as a function of AutoCAD interface design. *Applied Ergononics* Vol. 26, No. 6, 387-395.

Putz-Anderson, V., 1988. *Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs*. Taylor & Francis, London.

Segalle, J.A., 2004, Inovação na interação homem-computador. *Anais do XII Congresso Brasileiro de Ergonomia*, ABERGO 2004.

Woods, V., Hastings, S., Buckle, P., Haslam, R., 2003. Development of non-keyboard input device checklists through assessments. *Applied Ergonomics*. 34, 511-519.