

Conjuntos de Gestos de Comando para Ferramentas de Desenho em Dispositivos sem Teclado

Tiago Gomes

Carlos Duarte

Luis Carriço

Joana Neca

Tiago Reis

LaSIGE, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Campo Grande, Lisboa, Portugal

{tagomes,treis}@lasige.di.fc.ul.pt, {cad,lmc,jneca}@di.fc.ul.pt

Sumário

A interacção gestual, sem teclado, em aplicações de desenho, apresenta restrições mais rígidas do que em outro género de aplicações baseadas em gestos. Tal acontece, principalmente, pela necessidade de eliminar a ambiguidade existente quando um gesto representa um comando ou faz, simplesmente, parte do que está a ser desenhado. Neste artigo, exploramos conjuntos de gestos alternativos capazes de lidar com este problema. O contexto é fornecido através do ponto inicial do gesto ou, em alternativa, através de múltiplos toques no ecrã. Este artigo apresenta os resultados de uma experiência concebida para comparar dois conjuntos de gestos.

Palavras-chave

Interacção gestual, Ferramentas de desenho, Comandos gestuais, Avaliação, Interacção sem teclado, Estudos de Utilizadores

1. INTRODUÇÃO

Nas interfaces gestuais, os gestos são distinguidos, principalmente, pela forma que os descreve, pelo contexto final e pelo contexto inicial [Zelevnik06]. Nas ferramentas típicas de exploração/navegação, os gestos começam numa “página” e formam uma linha para a esquerda caso o desejado seja a “página seguinte”, ou para a direita caso seja a “página anterior”. Um gesto circular tipicamente significa a rotação da página. Se o gesto começar num objecto é expectável que os mesmos gestos movam o objecto. Contudo, se a aplicação é uma ferramenta de desenho, estes mesmos gestos são usados para desenhar linhas e círculos. O contexto inicial e final dificilmente resolve o problema, uma vez que alguém poderá querer desenhar em cima de desenhos já existentes.

Tipicamente, em ferramentas de desenho que requerem a utilização de rato existem duas soluções para este problema: 1) utilizar uma região do ecrã, por exemplo um menu ou paleta; 2) usar botões físicos auxiliares, tais como o botão direito do rato ou as teclas de *control* e *shift*. A primeira solução é fácil de lembrar, tem um nível de reconhecimento bastante preciso, mas é mais lenta [Balakrishnan04] [MacKenzie92]. Dependendo da alternativa, as opções clássicas baseadas em região requerem: a) um esforço extra para completar a tarefa e espaço extra no ecrã; b) um atalho complementar para *pop-ups* (e.g. botão direito do rato, manter uma tecla pressionada); c) em qualquer dos casos é necessário tempo extra para localizar a opção. Esta solução é frequentemente usada por novatos ou para comandos menos frequentes [Lane05].

Os botões físicos ou teclas são mais rápidos de utilizar. São usados como atalhos para executar comandos atómicos (e.g. *undo*, *redo*), comandos aplicados a argumentos previamente definidos (e.g. *delete*), ou para entrar em modo especial (e.g. agarrar para deslocar, mudar para ampliar). Para eliminar a ambiguidade entre desenho e comando, também se pode manter uma, ou mais, teclas pressionadas enquanto se executa o gesto.

Contudo, a utilização de dispositivos sem teclado ou com ecrãs de reduzidas dimensões, e nos quais o principal mecanismo de interacção é um dedo ou uma caneta/estilete, torna as coisas mais complicadas. Mesmo com o advento dos ecrãs multi-toque [Do-Lenh09], o desenho pode ser executado com mais que um dedo ao mesmo tempo, impossibilitando assim a utilização de gestos multi-toque como forma de eliminar a ambiguidade neste género de aplicações. Para além disto, desenhos mais precisos provavelmente serão executados com caneta/estilete, o que requer a utilização de uma mão para manusear esse periférico, enquanto a outra mão segura no dispositivo. Em dispositivos maiores, como os *tablets*, normalmente existe um botão extra na caneta, no entanto esse botão é culturalmente associado a um menu *pop-up*. Além disso, os dispositivos pequenos vêm equipados com estiletos sem botões extras. Por todas estas razões é necessário encontrar soluções para combater a ambiguidade.

Neste trabalho são propostas duas dimensões para distinguir gestos de comando de gestos de desenho em ferramentas de desenho para dispositivos sem teclado, baseados em toque. As dimensões surgiram da observação das actuais ferramentas de desenho, da literatura [Appert09]

[Bragdon09] [Zelevnik06] e de uma classificação sistemática de gestos sobre a possibilidade de discriminar características dos traços de desenho.

Gestos para alguns dos comandos mais comuns foram desenvolvidos e adaptados para o quadro conceptual de cada dimensão, tendo sido realizada uma experiência para comparar estes dois conjuntos. Um terceiro conjunto de controlo foi usado para avaliar a dificuldade adicional introduzida por estes dois conjuntos em comparação com uma situação ideal. No conjunto de controlo, a ferramenta foi capaz de adivinhar com 100% de precisão se o gesto era um comando, mesmo este sendo igual a um gesto de desenho (sem característica discriminatória).

As principais contribuições deste trabalho são: a) um par de dimensões sistemáticas que podem ser exploradas em aplicações com as características acima descritas; b) uma avaliação do preço que o utilizador está disposto a pagar para ter nestas ferramentas atalhos baseados em gestos.

A próxima secção apresenta uma revisão do trabalho relacionado. Seguidamente apresentamos a principal motivação para os dois conjuntos de gestos propostos. A secção seguinte detalha toda a experiência para avaliar a adequabilidade dos gestos propostos para aplicações com as características acima descritas. Posteriormente, é feita a análise dos dados recolhidos utilizando medidas qualitativas e quantitativas. Concluímos com um sumário das contribuições e uma breve apresentação do trabalho futuro a desenvolver.

2. TRABALHO RELACIONADO

A utilização de gestos através de rato, caneta ou estilete tem sido mapeada em diferentes tipos de comandos, quer seja para navegação em ‘web browsers’ [Moyle03], aplicações [Wu03] ou documentos [Smith04]. Contudo, para ferramentas de desenho, os gestos adoptados colidem com as normais actividades de desenho. Normalmente a solução adoptada é entrar em modo de comando, preferencialmente de uma forma temporária até que o comando seja realizado.

A utilização de gestos também é amplamente discutida para a selecção de itens em menus, exemplos desta discussão são encontrados em trabalhos como [Kurtenbach94] [Fitzmaurice03] [Guimbretière00] [Hinckley05] [Bau08]. Geralmente, estes sistemas proporcionam mecanismos para aceder a comandos através de menus radiais, organizados de maneira a otimizar a performance do utilizador. São particularmente interessantes para aceder facilmente a comandos quer numa fase de aprendizagem, onde o número de comandos é elevado, quer para comandos que são menos utilizados. Essencialmente estas aproximações diferem da nossa porque nós procuramos um subconjunto de comandos que sejam usados frequentemente e acessíveis através de teclas de atalho, constituindo assim um mecanismo complementar para aceder a um grande conjunto de comandos numa aplicação complexa.

Outra alternativa é a utilização de outras modalidades para complementar o gesto. Por exemplo o *QuickSet* [Cohen97] usa a fala para identificar um gesto de coman-

do, o que requer um esforço extra em reconhecimento de fala e dificilmente será funcional em cenários muito ruidosos. O *Silk* [Landay96] e o *Flatland* [Mynatt99] requerem que o utilizador pressione um botão para entrar em modo de comando. Parecendo uma boa e simples solução apresenta um problema crítico já referido anteriormente, não funciona para dispositivos sem botões físicos, a não ser que sejam usados botões virtuais causando assim um desperdício de espaço de ecrã.

Algum trabalho tem sido realizado para resolver as ambiguidades entre gestos de desenho livre e gestos de comando. Uma aproximação possível é a utilização de técnicas de mediação [Mankoff07]. Estas técnicas usam uma de duas estratégias: repetição ou escolha. Esta poderá ser uma boa solução mas o nosso objectivo é evitar quaisquer ambiguidades em vez de resolvê-las. Saund e Lank [Saund03] ofereceram uma solução para o problema do modo de comando baseada nas propriedades da trajectória da caneta e no contexto dessa mesma trajectória. Se esta diferenciação falhasse era utilizado um mediador de escolha sobre a forma de *pop-up*.

Outra forma possível de diferenciação é a utilização de uma marca posterior ao gesto, tendo sido já testada em alguns trabalhos. O *MathPad* [LaViola04] é um protótipo de uma aplicação matemática, a qual faz uso de um toque no fim de alguns gestos com o intuito de os distinguir. No *Tivoli* [Pedersen93] foi feita uma tentativa de usar um toque duplo como um indicador posterior, mas devido à dificuldade de o distinguir de um pequeno traço de desenho, esta abordagem foi abandonada e adoptaram um botão de caneta como indicador de gesto.

Um trabalho próximo do nosso é o *Fluid Inking* [Zelevnik06]. Zelevnik e Miller propuseram também uma aproximação onde a distinção entre gestos é definida, principalmente, no fim do gesto. Eles exploraram 3 formas diferentes de pontuação terminal: pausa, toque e utilização de um botão. A maior diferença entre os nossos trabalhos é que nós realizámos uma avaliação empírica comparativa e distinguimos os gestos somente pelo início dos mesmos. Uma análise comparativa de ambas as soluções poderá ser bastante interessante e alvo de trabalho futuro.

3. DESENVOLVIMENTO DOS CONJUNTOS DE GESTOS

Com o objectivo de identificar dimensões gestuais interessantes e relevantes, e que permitam eliminar a ambiguidade existente entre o gesto de desenho e o gesto de comando, analisámos aprofundadamente o trabalho já realizado [Appert09] [Bragdon09] [Duarte09] [Bau08] [Zelevnik06]. É de salientar que o foco não se encontra no gesto propriamente dito, mas sim na forma como os modos são identificados ou como é feita a troca dos mesmos. Além disso, assumimos a inexistência de teclas extra, quer no dispositivo em si (e.g. teclado) quer no periférico de interacção (e.g. dedo, caneta ou estilete).

Duas dimensões iniciais foram identificadas, abordando o início do gesto, nomeadamente: 1) a utilização de uma marca; 2) uma região específica do ecrã. No primeiro

caso a marca pode consistir num gesto muito pouco provável (e.g. um botão muito pequeno antes de iniciar o gesto) ou num toque duplo no ecrã antes de executar o gesto.

A utilização de uma zona dedicada do ecrã, segundo caso, poderá introduzir um problema de desperdício de espaço, assim como em ecrãs de maiores dimensões poderá levar a um esforço motor mais acentuado. O primeiro problema poderá ser minimizado através da utilização de uma pequena moldura invisível em redor do ecrã ou, caso seja necessário, só de um ou dois lados do ecrã. A segunda questão só se coloca para dispositivos de grandes dimensões, sendo o esforço motor desprezível para ecrãs de pequenas dimensões. Convém salientar que, em ambos os casos, os gestos de comando são tidos como atalhos que puderam ser complementados com a utilização de menus disponíveis através dos mecanismos clássicos.

A tabela 1 mostra os gestos definidos para alguns dos comandos mais utilizados em ferramentas de desenho: seleccionar, cortar e colar, apagar, *undo* e *redo*, e *scroll*. Na primeira coluna os gestos estão representados num contexto sem restrições, ou seja, assumindo que o sistema tem a capacidade de distinguir os gestos de comando dos gestos similares de desenho somente através da intenção do utilizador. Os gestos propriamente ditos são comuns a outras aplicações e foram considerados razoavelmente aceites em estudos relacionados [Neto09] [Bragdon09]. Os pequenos círculos representam objectos previamente desenhados, alguns desses objectos têm associada a simbologia de selecção, indicando assim que os comandos (apagar e cortar) são aplicados aos mesmos. Os comandos colar e *redo* utilizam gestos simétricos aos de copiar e *undo*. As setas existentes no desenho dos gestos indicam a direcção pelo qual o mesmo deve ser executado.

As outras duas colunas representam os mesmos gestos mas usando uma das dimensões acima discriminadas. Na coluna do meio, o círculo preenchido no início do gesto representa a marca que indica que o gesto será um comando. A escolha recaiu num toque duplo uma vez que este método de interacção é comum nas actuais interfaces de interacção com o utilizador. A última coluna representa a utilização da moldura invisível em redor do ecrã. Esta moldura está indicada por um rectângulo sombreado onde qualquer gesto de comando deve ser iniciado.

A utilização destes três conjuntos de gestos permite-nos compreender:

- a) o quão difíceis os utilizadores consideram os dois conjuntos pragmáticos em comparação com a situação ideal;
- b) As diferenças entre os dois conjuntos de gestos propostos;

4. COMPARAÇÃO ENTRE OS CONJUNTOS DE GESTOS

Tendo como objectivo comparar os dois conjuntos de gestos anteriormente mencionados, preparámos uma

experiência para determinar qual dos conjuntos é mais apropriado para as condições descritas.

	Unrestricted	Depending on starting mark (e.g. d-click)	Depending on starting region (e.g. frame)
Scroll			
Select			
Copy/Paste			
Undo/Redo			
Delete			

Tabela 1: Gestos para os três conjuntos de gestos

Nesta experiência os utilizadores tiveram de desempenhar tarefas numa aplicação de desenho simplificada, sendo que para o fazerem somente puderam recorrer a gestos. A aplicação suportava o desenho de duas formas geométricas: elipses e rectângulos (figuras 1 e 2). Além de desenhar as formas os utilizadores podiam arrastá-las pela área de trabalho e aplicar-lhes comandos como copiar, colar e apagar (figura 3). Também era possível fazer *undo* e *redo* às acções realizadas. A selecção de uma forma era realizada tocando sobre a mesma, e a selecção de múltiplas formas era possível através do gesto de selecção (figura 4). Sendo a área de trabalho maior que a janela de visualização, os utilizadores também podiam executar gestos com o objectivo de fazer *scroll* (as barras de scroll encontravam-se desactivadas, funcionando apenas como um mecanismo de feedback).

Querendo eliminar a influência de variáveis externas nesta avaliação, optámos por realizar a experiência como Feiticeiro de Oz. Assim, reduzimos o impacto que o reconhecimento dos gestos poderia ter nos resultados comparativos. Tomada esta opção, só os gestos de elipse, rectângulo e selecção eram reconhecidos automaticamente pela aplicação, sendo os restantes gestos reconhecidos por um dos avaliadores que monitorizavam a experiência.

Para avaliar a adequabilidade dos dois conjuntos de gestos, medimos ambos com métricas quantitativas e qualitativas. As métricas quantitativas incluem o tempo médio que os utilizadores demoraram a efectuar os diferentes gestos e uma métrica da qualidade do gesto. Esta métrica foi calculada por outra revisão de um avaliador, classificando todos os gestos realizados por todos os participantes nos testes. Todos os gestos foram capturados durante a experiência, e com base nesta captura, o avaliador clas-

sificou os gestos dentro de uma das acções que eram possíveis reconhecer. Um gesto era considerado de qualidade se este reconhecimento coincidia com a intenção do utilizador ao realizar o gesto. As métricas qualitativas incluem uma avaliação subjectiva dos utilizadores aos três conjuntos de gestos, sendo que as características avaliadas foram a velocidade, o conforto, a precisão e a satisfação de utilização.

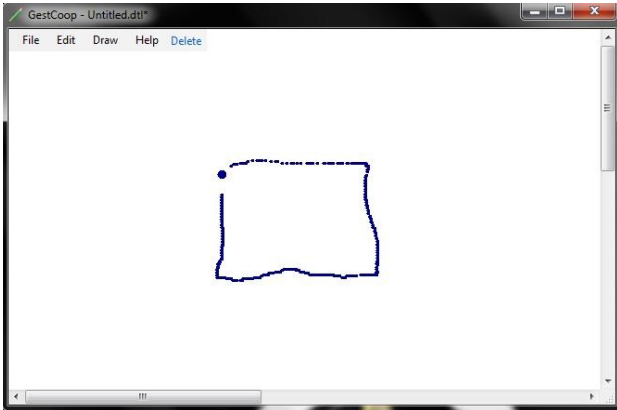


Figura 1: Rectângulo a ser desenhado

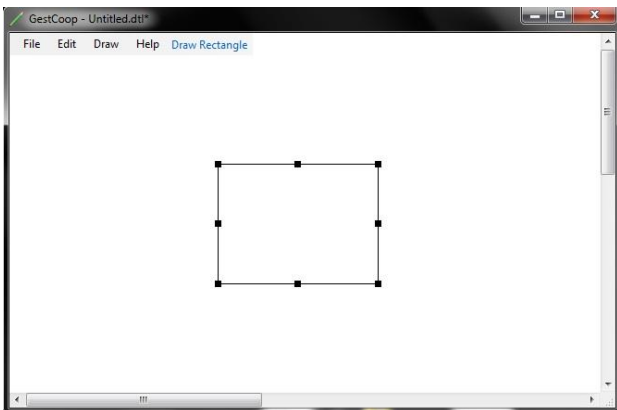


Figura 2: Rectângulo depois de ser reconhecido

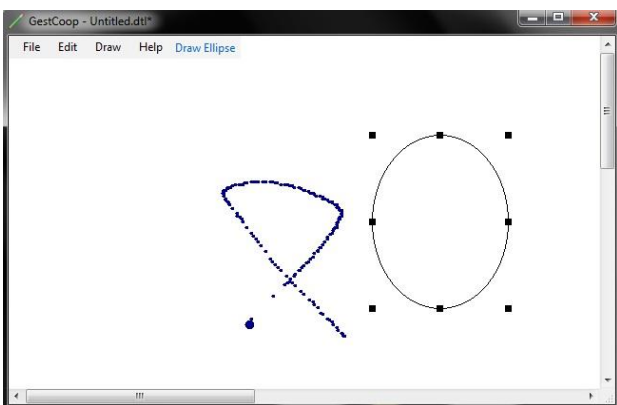


Figura 3: Apagando uma elipse em modo duplo toque

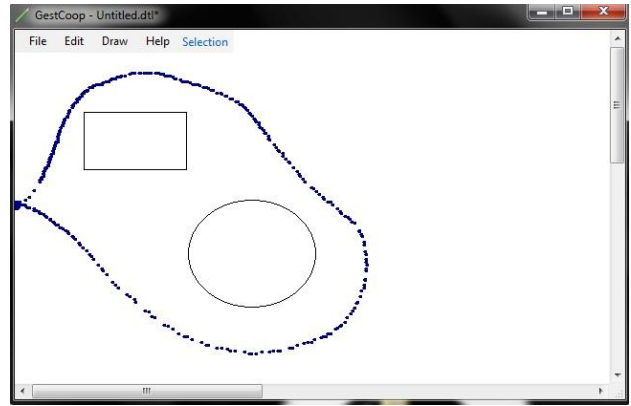


Figura 4: Selecção no modo moldura invisível

4.1 Procedimento

A experiência desenrolou-se em duas sessões com um dia de intervalo, tendo sempre os mesmos participantes.

A primeira sessão começou com uma explicação dos objectivos aos participantes, os quais seguidamente preencheram um questionário de perfil. Posteriormente, e para o primeiro conjunto de gestos, uma folha com ilustrações dos gestos foi fornecida aos participantes para que os mesmos se adaptassem à aplicação, tendo sempre o apoio de um dos avaliadores. Quando se sentiram preparados, a folha foi retirada e foi pedido aos participantes que desempenhassem um conjunto de tarefas pensadas para englobarem cada uma das acções pelo menos uma vez. Após todas as tarefas concluídas o segundo conjunto de gestos foi apresentado e todo o procedimento repetido, repetindo-se mais uma vez para o último conjunto de gestos. No final foi pedido aos participantes que preenchessem um questionário de satisfação. Todos os gestos realizados durante a experiência foram capturados através de *snapshots*.

Durante a segunda sessão nenhuma folha com ilustrações dos gestos esteve disponível. A sessão começou com uma breve descrição da aplicação, mas sem nunca mencionar os três conjuntos de gestos. Foi então pedido aos participantes que executassem um conjunto de tarefas, sem serem dadas quaisquer indicações sobre o conjunto de gestos a utilizar. Não existindo restrições conseguimos inferir qual o conjunto de gestos mais natural e intuitivo. Após completadas estas tarefas foi então pedido aos participantes que executassem um novo conjunto de tarefas mas desta vez repetindo-se para cada conjunto de gestos. Isto permitiu-nos detectar se os participantes tinham mais dificuldades em lembrarem os gestos de algum conjunto específico. Mais uma vez, e após terminarem todas as tarefas para todos os conjuntos de gestos, foi pedido aos participantes que preenchessem um novo questionário de avaliação. Também nesta segunda sessão todos os gestos foram capturados através de *snapshots*.

Sendo os gestos semelhantes, e não querendo que os resultados fossem afectados pelo efeito de treino, a ordem pelo qual os testes foram realizados por cada participante e para cada conjunto de gestos foi controlada em ambas as sessões.

4.2 Configuração da experiência

Para executar o procedimento descrito utilizámos um Tablet PC, nomeadamente um LG P100 com 10.6" de ecrã e com uma resolução de 1280 por 768 pixels. O computador encontrava-se configurado como um *tablet* com o ecrã orientado para o participante e o teclado coberto pelo mesmo. A aplicação de desenho encontrava-se maximizada ocupando todo o ecrã. Os participantes do teste encontravam-se sentados e a sua interacção com o tablet foi feita usando um estilete.

O avaliador que interpretava o papel de Feiticeiro de Oz encontrava-se perto do participante e com excelente visibilidade para o ecrã do Tablet PC. O reconhecimento dos gestos foi feito recorrendo a um teclado USB ligado ao Tablet PC. Este reconhecimento foi possível mapeando os gestos da aplicação para atalhos de teclado. Um outro avaliador estava presente na sala a realizar o papel de facilitador, cuja função foi descrever a experiência, fornecer ou retirar a folha com as ilustrações dos gestos e dar as instruções necessárias.

5. RESULTADOS

Um total de seis voluntários participou nas duas sessões experimentais. Com idades compreendidas entre os 23 e os 29 anos, a média de idades foi de 26 anos. Todos os participantes eram estudantes pós-graduados de Engenharia Informática e, segundo os mesmos, com mais de 10 anos de experiência de utilização de computadores. Cinco afirmaram conhecer pelo menos um dispositivo de interacção gestual, três dos quais com utilização regular. Esta utilização referia-se aos dispositivos Apple iPhone e iPod e Nintendo Wii.

Devido a um problema com a aplicação de *snapshots* nem todos os gestos da primeira sessão foram capturados, mesmo assim o total de gestos capturados durante as duas sessões ascendeu aos 986. A tabela 2 apresenta a distribuição dos gestos pelas acções efectuadas. Podemos observar que cerca de um terço dos gestos foram efectuados para comandos de *scroll*, e aproximadamente outro terço para comandos de apagar e de *undo*. O grande número de comandos de *scroll* deveu-se à natureza das tarefas a realizar, que implicavam muitas vezes a deslocação da janela de visualização ao longo da área de trabalho. O número de gestos de apagar e de *undo* ficou um pouco acima do esperado, principalmente devido a alguns erros de reconhecimento durante a acção de selecção. O problema subjacente a estes erros de reconhecimento será discutido mais à frente neste artigo.

Rectângulo	1.8%	Copiar	3.3%
Elipse	3.3%	Colar	3.3%
Arrastar	13.2%	<i>Undo</i>	11.7%
<i>Scroll</i>	34.9%	<i>Redo</i>	3.3%
Seleccção	12.5%	Apagar	12.6%

Tabela 2: Distribuição dos comandos ao longo da experiência

A tabela 3 apresenta a distribuição dos gestos pelos conjuntos de gestos. Quase metade dos gestos foram efectuados no conjunto sem restrições. Isto deveu-se ao grande número de tarefas efectuadas recorrendo a este conjunto durante a segunda sessão de testes, uma vez que numa parte da sessão não existia imposição quanto ao conjunto de gestos a utilizar e todos os participantes optaram pelo conjunto sem restrições.

Sem Restrições	Moldura	Duplo Toque
47.4%	29.1%	23.5%

Tabela 3: Distribuição dos conjuntos de gestos ao longo da experiência

5.1 Análise Quantitativa

A tabela 4 apresenta o tempo médio, em segundos, que os participantes demoraram para executar cada acção, tendo em consideração o conjunto de gestos.

	Sem Restrições	Moldura	Duplo Toque
Rectângulo	1.143	1.286	1.750
Elipse	0.696	0.750	1.167
Arrastar	1.108	1.054	1.107
<i>Scroll</i>	0.652	0.536	1.086
Seleccção	1.630	1.677	2.130
Copiar	0.111	0.403	1.002
Colar	0.211	0.208	0.498
<i>Undo</i>	0.341	0.550	0.806
<i>Redo</i>	0.350	0.375	0.605
Apagar	0.541	0.497	1.061

Tabela 4: Tempo médio (em segundos) para cada acção em todos os conjuntos de gestos

Para determinar a influência dos conjuntos de gestos na duração dos gestos realizados foram conduzidos testes ANOVA. A tabela 5 apresenta os resultados dos testes para todas as acções realizadas, menos as de desenho e de arrastar pois não implicam nenhum gesto de comando. O conjunto de gestos teve um efeito significativo nos gestos de *scroll*, copiar, *undo* e apagar com $p < .001$. Uma série de testes Tukey HSD foram realizados para comparar os gestos tendo em conta o conjunto pertencente. Estatisticamente concluímos que o gesto de *scroll* é significativamente mais lento no conjunto de gestos Duplo Toque do que no conjunto Moldura ($HSD = 9.281, p < .01$) e no conjunto Sem Restrições ($HSD = 7.924, p < .01$). O gesto de copiar também é significativamente mais lento no conjunto de gestos Duplo Toque do que no conjunto Moldura ($HSD = 4.151, p < .01$) e no conjunto Sem Restrições ($HSD = 6.663, p < .01$). O gesto de *undo* é significativamente mais rápido no conjunto Sem Restrições do que no conjunto Duplo Toque ($HSD = 5.554, p < .01$). Finalmente, o gesto de apagar é significativamente mais lento no conjunto Duplo Toque do que no conjunto Moldura

(HSD = 6.262, $p < .01$) e no conjunto Sem Restrições (HSD = 6.638, $p < .01$).

	F-teste	p
<i>Scroll</i>	F(2.340) = 23.045	4.1148E-10
Seleccção	F(2.120) = 4.248	0.016497981
Copiar	F(2.30) = 11.33	0.000216102
Colar	F(2.30) = 0.789	0.463676386
<i>Undo</i>	F(2.112) = 7.725	0.000719604
<i>Redo</i>	F(2.30) = 0.396	0.676793486
Apagar	F(2.120) = 13.424	5.48109E-06

Tabela 5: Testes ANOVA para a duração dos gestos

Em suma, os gestos de *scroll*, copiar e apagar são mais lentos no conjunto Duplo Toque comparativamente aos outros dois conjuntos. O gesto de *undo* é mais rápido no conjunto Sem Restrições quando comparado com o conjunto Duplo Toque. Estatisticamente não se encontraram mais relações significativas nos dados recolhidos.

Como referido anteriormente, a qualidade dos gestos realizados também foi medida. Para tal, um avaliador independente fez um reconhecimento visual de todos os gestos executados, cada gesto foi considerado de qualidade se este reconhecimento coincidia com a intenção do utilizador ao realizar o gesto. A tabela 6 apresenta para cada conjunto de gestos e cada acção a percentagem de gestos considerados de qualidade.

	Sem Restrições	Moldura	Duplo Toque
<i>Scroll</i>	92.1%	89.1%	78.6%
Copiar	94.4%	50.0%	60.0%
Colar	89.5%	60.0%	75.0%
<i>Undo</i>	72.7%	80.0%	54.8%
<i>Redo</i>	85.0%	87.5%	60.0%
Apagar	77.0%	76.7%	75.8%

Tabela 6: Qualidade dos gestos para cada acção em cada conjunto de gestos

Seguindo o que foi realizado para a duração dos gestos, executamos uma serie de testes ANOVA para determinar o efeito do conjunto de gestos na qualidade dos gestos realizados. A tabela 7 apresenta o resultado desses testes. Nesta tabela podemos observar que o conjunto de gestos tem um efeito estatisticamente significativo nos gestos de *scroll* e de copiar, com $p < .05$. É de observar que sendo estatisticamente significativo, este efeito é menos pesado do que o detectado no efeito sobre a duração dos gestos.

Mais uma vez, para comparar os gestos de *scroll* e de copiar realizamos testes Tukey HSD. Isto permitiu-nos concluir que o gesto de *scroll* no conjunto Sem Restrições apresenta um resultado estatístico de significante melhor qualidade do que no conjunto Duplo Toque, e que o gesto

de copiar apresenta uma melhor qualidade no conjunto Sem Restrições do que no conjunto Moldura.

	F-teste	p
<i>Scroll</i>	F(2.340) = 4.468	0.012147763
Copiar	F(2.30) = 4.574	0.018461447
Colar	F(2.30) = 1.748	0.191358791
<i>Undo</i>	F(2.112) = 2.807	0.064633036
<i>Redo</i>	F(2.30) = 0.921	0.408940323
Apagar	F(2.120) = 0.010	0.990287383

Tabela 7: Testes ANOVA para a qualidade dos gestos

Resumindo, o impacto do conjunto de gestos na qualidade dos gestos é menos profundo do que na média de tempo na execução do gesto.

5.2 Análise Qualitativa

Os dados qualitativos foram recolhidos através de dois questionários apresentados no fim de cada sessão experimental. No fim da primeira sessão foram recolhidos dados relativos à velocidade, ao conforto, à precisão e à satisfação referentes a cada gesto. Cada critério tinha uma escala de 1 a 5, sendo 5 a melhor pontuação. A tabela 8 apresenta os resultados médios dos 6 participantes.

	Sem Restrições	Moldura	Duplo Toque
Velocidade	4.33	3.00	2.67
Conforto	4.50	2.67	2.83
Precisão	4.17	2.83	3.33
Satisfação	4.33	2.50	2.67

Tabela 8: Opinião dos participantes relativa aos três conjuntos de gestos

Dado o pequeno número de participantes na experiência não foi feita análise estatística destes dados. Contudo, ao analisar a tabela podemos concluir que os participantes acharam que o conjunto Sem Restrições é mais confortável e rápido, tem grande precisão e de forma geral é mais satisfatório. Os resultados apresentam uma grande vantagem do conjunto Sem Restrições comparativamente com os outros dois conjuntos.

Ao comparar os outros dois conjuntos é possível verificar que não existe uma clara vantagem de nenhum deles sobre o outro, mesmo assim os participantes pareceram achar os gestos do conjunto Duplo Toque mais confortáveis de executar e mais precisos, enquanto que os gestos do conjunto Moldura mais rápidos de executar. Estes resultados estão de acordo com o esperado após uma simples análise a cada conjunto. Os gestos do conjunto Duplo Toque requerem a execução de um duplo toque no ecrã antes de executar o gesto de comando. Este requisito intuitivamente implica uma maior duração na execução do gesto, pelo menos em dispositivos onde a dimensão do ecrã não implique que, para aceder à moldura seja necessário um movimento muito longo. Esta análise é suportada

da pelos dados da tabela 4, onde os gestos do conjunto Duplo Toque são os que requerem mais tempo de execução. No que respeita ao conforto e precisão, o requisito de executar o gesto a partir da moldura torna a sua execução mais desconfortável levando, logicamente, a que a precisão de execução diminua.

O questionário da segunda sessão foi focado em dois aspectos: qual o conjunto de gestos preferido e quão adequados são os gestos para cada acção. Para tal foi pedido aos participantes que escolhessem o seu conjunto de gestos preferido, aquele que consideraram mais fácil de executar, o mais eficiente e o mais fácil de memorizar. A resposta foi unânime em todas as questões: o conjunto Sem Restrições. Esta resposta está de acordo com a selecção feita pelos participantes quando a tarefa implicou uma livre escolha do conjunto, já que todos executaram os gestos do conjunto Sem Restrições.

A tabela 9 apresenta a satisfação dos participantes para cada gesto relativamente à acção desempenhada. A diferença entre os gestos residia somente na forma como era indicada a intenção de realizar um comando. A satisfação foi medida de 1 a 5, sendo 5 o melhor resultado.

	Satisfação
<i>Scroll</i>	4.00
Seleccção	2.83
Copiar	4.50
Colar	4.50
Apagar	3.50
<i>Undo</i>	5.00
<i>Redo</i>	5.00

Tabela 9: Satisfação relativamente ao gesto associado a cada acção

Os gestos de *scroll*, copiar, colar, *undo* e *redo* atingiram elevadas pontuações de satisfação, enquanto que os gestos de selecção e de apagar atingiram pontuações menores. Um dos participantes, sendo canhoto, comentou que teve dificuldades nestes dois gestos. Outro participante sugeriu que o gesto de apagar fosse multi-traço. O gesto de selecção criou alguns problemas por ser igual ao gesto de desenho de elipse variando somente na direcção. Esta diferença demonstrou não ser muito eficaz, justificando a baixa pontuação.

5.3 Observações e comentários

Comentários feitos pelos participantes durante conversas após os testes confirmaram aquilo que os questionários revelaram, o conjunto de gestos mais natural e menos intrusivo é o conjunto Sem Restrições. Esta é uma conclusão óbvia quando nos referimos a uma aplicação de desenho com um número limitado de gestos de desenho, mas ao serem adicionadas mais funcionalidades a aplicabilidade do conjunto Sem Restrições será menor. Se tomarmos como exemplo a possibilidade de desenhar linhas, da mesma forma que desenhámos rectângulos e

elipses, isto irá inviabilizar o gesto de *scroll*, uma vez que este também é uma linha. Um efeito parecido pôde ser observado durante a experiência. Sendo o gesto de desenhar uma elipse semelhante ao de selecção, por mais que uma vez os participantes executaram o gesto de selecção quando queriam desenhar uma elipse e vice-versa. Em aplicações de desenho reais será expectável que o número de gestos de desenho aumente e seja possível desenho livre, o que irá limitar acentuadamente o uso de gestos de comando sem restrições.

Uma observação relevante em sistemas gestuais é o impacto da mão dominante do utilizador. Sendo um dos participantes canhoto, foi possível observar, e o próprio comentou, que sentiu muitas dificuldades em distinguir o gesto de elipse do gesto de selecção, uma vez que variavam somente na direcção. Podemos também reparar que estes dois gestos geraram alguma confusão quando ocorria um erro de reconhecimento, levando os participantes a demorar mais tempo a pensar sobre o gesto correcto. Isto é um sinal inequívoco que a direcção do gesto não é suficiente para eliminar a ambiguidade entre gestos de desenho e de comando.

6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O foco principal deste trabalho foi como eliminar a ambiguidade existente entre gestos de comando e gestos de desenho em aplicações de desenho com interface gestual. Isto é particularmente importante em cenários em que não haja botões adicionais ou outra forma de “entrar” em modo comando. Propusemos duas dimensões, baseadas no início do gesto, para efectuar essa distinção. Uma dimensão era identificada pela localização do início do gesto, enquanto a outra por um duplo toque no ecrã antes do gesto de comando. A utilização destas dimensões permite que qualquer gesto seja utilizado como gesto de comando desde de que seja precedido por uma característica definida.

Para avaliar a nossa proposta foi conduzida uma experiência onde os dois conjuntos de gestos foram comparados entre eles, e também com uma situação ideal onde a intenção do utilizador era sempre reconhecida com 100% de eficácia, quer fosse desenhar ou executar um comando. Os conjuntos de gestos foram avaliados quanto à sua velocidade, conforto, precisão e satisfação. Tal como esperado, a situação ideal foi a escolha preferida dos nossos participantes assim como a mais efectiva.

De uma perspectiva pragmática de uma opção de implementação, a comparação entre os conjuntos Moldura e Duplo Toque revelou vantagens e desvantagens em ambos. A experiência revelou, na configuração em que foi realizada, que é mais rápido realizar gestos a partir da moldura do que com o duplo toque. No que respeita a conforto, precisão e satisfação os gestos precedidos de duplo toque demonstraram melhores resultados.

Futuramente iremos executar a experiência em diferentes dispositivos, desde telemóveis até ecrãs interactivos de grandes dimensões, tendo como objectivo estudar o

impacto da dimensão do ecrã na adequabilidade dos gestos.

Também será expectável que a ferramenta de desenho venha a ser complementada com mais algumas funcionalidades de desenho, aumentando assim o número de ambiguidades.

7. REFERÊNCIAS

- [Appert09] C. Appert and S. Zhai. Using strokes as command shortcuts: cognitive benefits and toolkit support. CHI '09, 2289-2298, 2009.
- [Balakrishnan04] R. Balakrishnan. "beating" fitts' law: virtual enhancements for pointing facilitation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 61(6):857-874, 2004.
- [Bau08] O. Bau and W. E. Mackay. Octopocus: a dynamic guide for learning gesture-based command sets. UIST '08, 37-46, 2008.
- [Bragdon09] A. Bragdon, R. Zeleznik, B. Williamson, T. Miller, and J. J. LaViola, Jr. Gesturebar: improving the approachability of gesture-based interfaces. CHI '09, 2269-2278, 2009.
- [Cohen97] P. R. Cohen, M. Johnston, D. McGee, S. Oviatt, J. Pittman, I. Smith, L. Chen, and J. Clow. Quickset: multimodal interaction for distributed applications. MULTIMEDIA '97, 31-40, 1997.
- [Do-Lenh09] S. Do-Lenh, F. Kaplan, A. Sharma, and P. Dillenbourg. Multi-finger interactions with papers on augmented tabletops. TEI '09, 267-274, 2009.
- [Duarte09] C. Duarte and A. Neto. Gesture interaction in cooperation scenarios. CRIWG 2009), 190-205, 2009.
- [Fitzmaurice03] G. Fitzmaurice, A. Khan, R. Pieké, B. Buxton, and G. Kurtenbach. Tracking menus. UIST '03, 71-79, 2003.
- [Guimbretière00] F. Guimbretière and T. Winograd. Flowmenu: combining command, text, and data entry. UIST '00, 213-216, 2000.
- [Hinckley05] K. Hinckley, P. Baudisch, G. Ramos, and F. Guimbretiere. Design and analysis of delimiters for selection-action pen gesture phrases in scriboli. CHI '05, 2005.
- [Kurtenbach94] G. Kurtenbach and W. Buxton. User learning and performance with marking menus. In CHI '94, 258-264, 1994.
- [Landay96] J. A. Landay. Silk: sketching interfaces like crazy. CHI '96, 398-399, 1996.
- [Lane05] D. Lane, H. Napier, S. Peres, and A. Sandor. Hidden costs of graphical user interfaces: Failure to make the transition from menus and icon toolbars to keyboard shortcuts. *International Journal of Human-Computer Studies*, 18(1):133-144, 2005.
- [LaViola04] J.J. LaViola and R. C. Zeleznik. MathPad²: a system for the creation and exploration of mathematical sketches. *ACM SIGGRAPH 2004*, 432-440, 2004.
- [MacKenzie92] I. S. MacKenzie and W. Buxton. Extending fitts' law to two-dimensional tasks. CHI '92, 219-226, 1992.
- [Mankoff07] J. Mankoff, S. E. Hudson and G. D. Abowd. Interaction techniques for ambiguity resolution in recognition-based interfaces. *ACM SIGGRAPH 2007*, 2007
- [Moyle03] M. Moyle and A. Cockburn. The design and evaluation of a flick gesture for 'back' and 'forward' in web browsers. AUIC '03, 39-46, 2003.
- [Mynatt99] E. D. Mynatt, T. Igarashi, W. K. Edwards and A. LaMarca. Flatland: new dimensions in office whiteboards. CHI '99, 346-353, 1999.
- [Neto09] A. Neto and C. Duarte. Comparing gestures and traditional interaction modalities on large displays. INTERACT 2009, 58-61, 2009.
- [Pedersen93] E. R. Pedersen, K. McCall, T. P. Moran and F. G. Halasz. Tivoli: an electronic whiteboard for informal workgroup meetings. CHI '93, 391-398, 1993.
- [Saund03] E. Saund and E. Lank. Stylus input and editing without prior selection of mode. UIST '03, 213-216, 2003.
- [Smith04] G. M. Smith and m. c. schraefel. The radial scroll tool: scrolling support for stylus- or touch-based document navigation. UIST '04, 53-56, 2004.
- [Wu03] M. Wu and R. Balakrishnan. Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays. UIST '03, 193-202, 2003.
- [Zeleznik06] R. Zeleznik and T. Miller. Fluid inking: augmenting the medium of free-form inking with gestures. GI'06, 155-162, 2006.