6

Referências Bibliográficas

- 1 3M - Disponível em http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/SegPessoal/Home/ProdutosServicos/8910_9910/. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 2 Air Mouse - Disponível em <http://www.gyration.com/index.php/us/products/in-air-micekeyboards/go-air-mouse.html#specs>. Último acesso em Fevereiro de 2011.
- 3 AGRESTI, A; Comparing Groups: Analysis of Variance (ANOVA) Methods. Disponível em <http://www.stat.ufl.edu/~aa/sta6127/ch12.pdf>. Último acesso em Março de 2011.
- 4 Anova - Disponível em <http://www.laits.utexas.edu/orkelm/excelpor/anova2manypor.htm>. Último acesso em Março de 2011.
- 5 Arduino - Disponível em <http://www.arduino.cc/>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 6 ART Fingertracking - Disponível em <http://www.ar-tracking.de/Fingertracking.54+B6Jkw9.0.html>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 7 ART References - Disponível em http://www.ar-tracking.de/References.64+B6Jkw9MA__.0.html. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 8 ART Tracking - Disponível em <http://www.ar-tracking.de/System-overview.20.0.html>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 9 BACIM, F.; BOWMAN, D.; PINHO, M.; Wayfinding Techniques for MultiScale Virtual Environments. IEEE Symposium on 3D User Interfaces, Louisiana, EUA, 2009.
- 10 BlueCove - Disponível em <http://bluecove.org/>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 11 Bluetooth - Disponível em <http://www.bluetooth.com/English/Pages/default.aspx>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 12 BOWMAN, D.; WINGRAVE, C.; CAMPBELL, J.; LY, V.; Using Pinch Gloves for both Natural and Abstract Interaction Techniques in Virtual Environments. Proceedings of HCI International, EUA, 2001.
- 13 BOWMAN, D.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA, J.; POUPYREV, I.; 3D User Interfaces Theory and Practice. Editora Addison-Wesley (ISBN 0-201-75867-9). Boston, MA, EUA, Julho de 2004.

- 14 BOWMAN, D.; WINGRAVE, C.; Design and Evaluation of Menu Systems for Immersive Virtual Environments. IEEE Virtual Reality Conference, Yokohama, Japão, 2001.
- 15 BUECHLEY, L.; EISENBERG, M.; CATCHEN, J.; CROCKETT, A.; The LilyPad Arduino: Using Computational Textiles to Investigate Engagement, Aesthetics, and Diversity in Computer Science Education. CHI 2008, Florence, Italy.
- 16 CHEN, J.; BOWMAN, D.; Domain-Specific Design of 3D Interaction Techniques: An Approach for Designing Useful Virtual Environments Applications. MIT Presence, Vol. 18, No. 5, páginas 370-386, Outubro de 2009.
- 17 CRUZ-NEIRA, C.; SANDIN, D.; DEFANTI, T.; KENYON, R.; HART, J.; The CAVE: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment. Communications of the ACM, Vol. 35, No. 6, páginas 64-72, Junho de 1992.
- 18 DACHSELT, R.; EBERT, J.; Collapsible cylindrical trees: a fast hierarchical navigation technique. Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2001 (INFOVIS'01). Washington, DC, EUA: IEEE computer society; 2001. p. 79–86.
- 19 DACHSELT, R.; HUBNER, A.; Three-dimensional menus: A survey and taxonomy. Computers & Graphics, Volume 31, Issue 1, Janeiro de 2007.
- 20 DARKEN, R.; DUROST, R.; Mixed-Dimension Interaction in Virtual Environments. Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, Monterey, CA, EUA, 2005.
- 21 Digi - XBee / XBee-PRO RF Modules – 802.15.4 - Product Manual v1.xEx. Digi International Inc, Minnetonka, MN, EUA, Setembro de 2009.
- 22 GERBER, D.; BECHMANN, D.; Design and evaluation of the ring menu in virtual environments. IPT 2004: Eighth immersive projection technology workshop, Ames, IA, EUA, 2004.
- 23 HAND, C.; A Survey of 3D Interaction Techniques. Computer Graphics Forum, Volume 16, Issue 5, páginas 269-281, Dezembro de 1997.
- 24 HARTLEY, R.; ZISSERMAN, A.; Multiple View Geometry in Computer Vision, Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK, Março de 2004.
- 25 KULIK, A.; HOCHSTRATE, J.; KUNERT, A.; FROELICH, B.; The Influence of Input Device Characteristics on Spatial Perception in Desktop-Based 3D Applications. IEEE Symposium on 3D User Interfaces, Louisiana, EUA, 2009.
- 26 MACADAM, D.; Uniform color scales. Journal of the Optical Society of America, volume 64, número 12, EUA, Dezembro, 1974.
- 27 MITCHELL, P.; A Step-by-step Guide to Usability Testing. Editora iUniverse, Miami, FL, EUA, 2007.

- 28 Nvidia Quadro - Disponível em http://www.nvidia.com/object/quadro_fx_5600_4600.html. Último acesso em Fevereiro de 2011.
- 29 LEE, M.; WOO, W.; ARKB: 3D vision-based Augmented Reality Keyboard. International Conference on Artificial Reality and Telexistence, Toquio, Japão, 2003.
- 30 Projection Design - Disponível em <http://www.projectiondesign.com/Default.asp?CatID=1764>. Último acesso em Fevereiro de 2011.
- 31 RAPOSO, A., SANTOS, I., SOARES, L., WAGNER, G., CORSEUIL, E., GATTASS, M. Environ: Integrating VR and CAD in Engineering Projects. IEEE Computer Graphics & Applications, v.29, n.6, p.91-95, 2009. (ISSN 0272-1716). DOI: 10.1109/MCG.2009.118.
- 32 SCHEIBE, R.; MOEHRING, M.; FROEHLICH, B.; Tactile Feedback at the Finger Tips for Improved Direct Interaction in Immersive Environments. Virtual Reality Conference, Charlotte, NC, Março de 2007.
- 33 SCHMULLER, J.; Statistical Analysis with Excel for Dummies, 2nd Edition. Wiley Publishing, Indianapolis, Indiana, EUA, 2009.
- 34 SMITH, S.; DU'MONT, S.; Measuring the Effect of Gaming Experience on Virtual Environment Navigation Tasks. IEEE Symposium on 3D User Interfaces, Louisiana, EUA, 2009.
- 35 SparkFun - Disponível em <http://www.sparkfun.com>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 36 TOSAS, M.; LI, B.; Virtual Touch Screen for Mixed Reality. ECCV 2004 Workshop on HCI, Prague, Czech Republic, Maio de 2004.
- 37 TULLIS, T.; ALBERT, B.; Measuring the User Experience. Editora Morgan Kaufmann (ISBN-13 978-0-12-373558-4), EUA, 2008.
- 38 Tune Glove - Disponível em <http://www.flickr.com/photos/jtanenbaum/4156417140/>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 39 Wii Remote - Disponível em <http://www.nintendo.com/wii/console/controllers>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 40 Wiigee - Disponível em <http://www.wiigee.org/>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 41 WiiRemoteJ - Disponível em <http://www.qj.net/qjnet/wii/wiiremotej-v14-java-library-wiimote-and-balance-board-interaction-via-bluetooth.html>. Último acesso em Janeiro de 2011.
- 42 WRIGHT, A.; The Touchy Subject of Haptics. Communications of the ACM, volume 54, número 1, Janeiro de 2011.
- 43 Xbee - Disponível em <http://www.digi.com/products/wireless/point-multipoint/xbee-series1-module.jsp#docs>. Último acesso em Janeiro de 2011.

- 44 ZigBee - ERGEN, S.; ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary. Disponível em <http://www.zigbee.org/Specifications.aspx>. Último acesso em Janeiro de 2011.

Apêndice A – Estrutura de um programa Arduino e código fonte comentado

Um programa Arduino é chamado de *sketch* e é escrito em uma linguagem de programação similar à linguagem C. A estrutura de um *sketch* pode ser dividida em três partes: uma área para declaração de variáveis e funções criadas pelo usuário, a função `setup()` e a função `loop()`. Estas duas últimas serão descritas em maiores detalhes a seguir.

Função `setup()`: esta função é a primeira a ser chamada quando o programa inicia. Ela pode ser utilizada para a inicialização de variáveis e portas da placa controladora ou para o carregamento de bibliotecas de terceiros. A função `setup` é executada apenas uma vez, na inicialização da placa ou quando é feito um reset na mesma.

Função `loop()`: função chamada continuamente durante a execução do programa, permitindo que o código escrito pelo programador interaja com o micro controlador Arduino. A primeira execução dessa função ocorre somente após o termino da execução da função `setup`.

A seguir segue a transcrição do código fonte do *sketch* criado para este trabalho com comentários explicando sua funcionalidade linha-à-linha:

```
1   int finger1Pin = 7;
2   int finger2Pin = 8;
3   int finger3Pin = 9;
4   int finger4Pin = 10;
5   int finger5Pin = 11;
6   int incomingByte = -1;
7
8   void setup()
9   {
10      Serial.begin(9600);
11      pinMode(finger1Pin, OUTPUT);
12      pinMode(finger2Pin, OUTPUT);
13      pinMode(finger3Pin, OUTPUT);
14      pinMode(finger4Pin, OUTPUT);
15      pinMode(finger5Pin, OUTPUT);
16      Serial.flush();
17  }
18
19  void loop()
20  {
```

```
21     if (Serial.available() > 0)
22     {
23         incomingByte = Serial.read();
24
25         if (incomingByte == '1')
26         {
27             digitalWrite(finger1Pin, HIGH);
28             delay(300);
29             digitalWrite(finger1Pin, LOW);
30         }
31     else if (incomingByte == '2')
32     {
33         digitalWrite(finger2Pin, HIGH);
34         delay(300);
35         digitalWrite(finger2Pin, LOW);
36     }
37     else if (incomingByte == '3')
38     {
39         digitalWrite(finger3Pin, HIGH);
40         delay(300);
41         digitalWrite(finger3Pin, LOW);
42     }
43     else if (incomingByte == '4')
44     {
45         digitalWrite(finger4Pin, HIGH);
46         delay(300);
47         digitalWrite(finger4Pin, LOW);
48     }
49     else if (incomingByte == '5')
50     {
51         digitalWrite(finger5Pin, HIGH);
52         delay(300);
53         digitalWrite(finger5Pin, LOW);
54     }
55     }
56 }
```

Linhas 1 a 5: declaração das variáveis referentes às portas do micro controlador Arduino utilizadas (as portas usadas foram as de números 5, 6, 7, 8 e 9).

Linha 6: declaração de variável utilizada para leitura de bytes da porta serial.

Linha 10: define a taxa de transmissão da porta serial em bits por segundo.

Linhas 11 a 15: define o modo de operação das portas utilizadas da placa como saída (*OUTPUT*). Isso significa que essas portas serão utilizadas pelo micro controlador para a escrita de dados e não para a leitura de informações.

Linha 16: limpa os dados presentes na porta serial.

Linha 21: executa o bloco de código a seguir caso haja informação disponível para ser lida na porta serial.

Linha 23: lê um byte da porta serial para uma variável local.

Linhas 25, 31, 37, 43 e 49: executa os respectivos blocos de código caso o byte lido seja 1, 2, 3, 4 ou 5.

Linhas 27 a 29, 33 a 35, 39 a 41, 45 a 47 e 51 a 53: escreve na respectiva porta de saída um sinal de alta voltagem (5V), aguarda por 300 milissegundos e retira o sinal da porta após esse período (escrevendo um sinal de baixa voltagem, equivalente a 0V).

Apêndice B

Os modems XBee pode ser programados para operar com diversas configurações e topologias de rede. Neste trabalho utilizamos uma configuração de rede ponto-a-ponto com dois modems, onde um deles atua como transmissor e o outro como receptor. O modem transmissor é o que se encontra acoplado à estação de controle, enquanto o receptor é o módulo que fica na v-Glove.

Ao identificar a necessidade de emitir um sinal de vibração, a estação de controle envia essa informação através do módulo XBee transmissor que, por sua vez, retransmite o sinal para o XBee acoplado à v-Glove. Este encaminha as informações recebidas para o micro controlador LilyPad Arduino presente na luva que efetua a vibração de acordo com o comando recebido.

O XBee é configurado através de uma sequência de comandos enviados via um aplicativo de terminal que se conecta ao modem por uma porta serial. A Tabela B.1 apresenta a descrição dos comandos utilizados neste trabalho.

Comando AT	Nome e Descrição	Faixa de valores	Valor padrão
RE	Restore Defaults: restaura os valores padrão de fábrica.	-	-
ID	PAN ID: define o endereço da PAN (<i>Personal Area Network</i>). Utilize 0xFFFF para fazer broadcast para todas as redes.	0 - 0xFFFF	0x3332
MY	16-bit Source Address: define o endereço de 16 bits que identificará o modem na rede.	0 - 0xFFFF	0
DL	Destination Address Low: define os 32 bits mais baixos do endereço do módulo de destino.	0 - 0xFFFFFFFF	0
IR	Sample Rate: define a taxa de amostragem do módulo.	0 - 0xFFFF	0
IT	Samples before TX: define o número de amostras a serem coletadas antes de se iniciar a transmissão dos dados.	1 - 0xFF	1
IA	I/O Input Address: define o endereço do módulo para onde serão enviados os dados de saída.	0 - 0xFFFFFFFFFFFFFFFF	0xFFFFFFFF FFFFFFFF
WR	Write: escreve os valores dos parâmetros na memória não volátil, fazendo com que estes permaneçam mesmo quando o módulo não está	-	-

	alimentado por uma fonte de energia.		
CN	Exit Command Mode: faz com que o módulo saia do modo de comandos AT.	-	-

Tabela B.1: Comandos de configuração do modem XBee [Digi 2009]

A sequência de comandos utilizada para configurar o modem XBee presente na estação de controle (transmissor) foi a seguinte:

```
ATRE, ID4567, MY1, DL2, IR64, IT1, IA2, WR, CN
```

O primeiro comando restaura as configurações originais de fábrica e o segundo define o identificador da rede PAN como 4567. Os comandos seguintes definem respectivamente o endereço do módulo transmissor (1) e o endereço de destino das mensagens enviadas por ele (2). Os próximos comandos definem a taxa de amostragem do módulo XBee como 64 e o número de amostras coletadas antes de enviar como 1. A seguir é definido o endereço do módulo para onde são enviadas as informações de saída do XBee como 2. Finalmente o comando de gravação faz com que as informações sejam persistidas na memória não volátil e o último comando sai do módulo de entrada de comandos AT.

A sequência de comandos utilizada para configurar o modem XBee presente na luva (receptor) foi a seguinte:

```
ATRE, ID4567, MY2, DL1, IR64, IT1, IA1, WR, CN
```

As únicas diferenças na configuração do módulo receptor são os endereços do módulo, que neste caso será 2, e os endereços de destino e do módulo de saída dos dados que passam a ter valor 1 em ambos. Os outros comandos são exatamente iguais.

Apêndice C – Material para Observação de Uso

C.1 Termo de Consentimento

Você foi convidado(a) pelo Tecgraf – *Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica* – um laboratório de pesquisas em Computação Gráfica do Departamento de Informática da PUC-Rio, para participar de um teste de avaliação da Interação Humano-Computador de uma luva projetada para a execução de tarefas em ambientes imersivos de realidade virtual.

Neste teste buscamos verificar a usabilidade de duas versões da luva em comparação à utilização de um mouse tridimensional, durante a realização de quatro tarefas de configuração de parâmetros em um ambiente virtual imersivo.

Por esta razão, solicitamos seu consentimento para a realização deste teste e, em seguida, uma breve entrevista. Para tanto, é importante que você tenha algumas informações:

1. Os dados coletados durante o teste destinam-se **estritamente** a atividades de pesquisa e desenvolvimento.
2. A equipe desta pesquisa tem o compromisso de divulgar os resultados de suas pesquisas para fins acadêmicos. A divulgação destes resultados pauta-se no **respeito a sua privacidade** e o **anonimato** dos mesmos é preservado em quaisquer documentos que elaboramos.
3. O consentimento para o teste é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa.
4. A realização do teste pode ser interrompida a qualquer momento, segundo a disponibilidade do participante. Neste caso, a equipe se compromete a descartar o teste para fins da avaliação a que se destinaria.
5. Nossa equipe encontra-se disponível para contato através do telefone (21) 9358-9823, ou pelo email gallotti@tecgraf.puc-rio.br. Caso queira tirar alguma dúvida, procure por Paulo Gallotti.

De posse das informações acima, gostaríamos que você se pronunciasse acerca do teste.

- () Dou meu consentimento para sua realização.
 () Não autorizo sua realização.

Rio de Janeiro, _____ de Fevereiro de 2011.

Participante	Avaliador
Nome: _____	Nome: _____
Assinatura: _____	Assinatura: _____

C.2 Questionário inicial – Levantamento de perfil do participante

ID: _____

Nome: _____

Sexo: _____

Idade: _____

Destro () Canhoto () Usa o mouse em qual mão? _____

Ocupação (e formação): _____

1. Quantas horas em média você passa no computador por semana?

- () até 5 horas
 () até 10 horas
 () até 15 horas
 () mais de 15 horas

2. Tem experiência de uso de aplicações 3D? Que tipo de aplicações? Quanto tempo de experiência?

3. Tem experiência de uso com o Environ? Quanto tempo de experiência?

4. Tem experiência com desenvolvimento de software 3D? Quanto tempo?

5. Já participou do desenvolvimento do Environ? Por quanto tempo?

C.3 Formulário de acompanhamento dos testes

ID: _____

Hora de chegada: _____

Hora de saída: _____

Listar erros do usuário ocorridos durante a execução das tarefas (Modos: M - mouse, L - luva, LF – luva com feedback tátil).

Sequência	1	2	3
Modo			
Tarefa 1			
Tarefa 2			
Tarefa 3			
Tarefa 4			

C.4 Questionários pós-testes

ID: _____

1. Qual a sua avaliação em relação à utilização da luva SEM o recurso de feedback tátil?

Visão geral:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 1:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 2:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 3:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 4:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

2. Qual a sua avaliação em relação à utilização da luva COM o recurso de feedback tátil?

Visão Geral:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 1:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 2:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 3:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 4:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

3. Qual a sua avaliação em relação à utilização do mouse 3D?

Visão Geral:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 1:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 2:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 3:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

Tarefa 4:

Muito ruim

--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito bom

1 2 3 4 5 6 7 N/A

4. Em relação ao recurso de feedback tátil, como você o classificaria em comparação à versão da luva sem este recurso?

Muito pior

--	--	--	--	--	--	--	--

 Muito melhor

1 2 3 4 5 6 7 N/A

5. Classifique os modos de interação utilizados em ordem de preferência (de 1 a 3):

- () Luva sem feedback tátil
- () Luva com feedback tátil
- () Mouse 3D

6. Você sente falta de uma referência física ao manipular a interface no espaço?

7. Em relação a solução com a luva e o recurso de feedback tátil, você considera que a interface proposta é intuitiva?

Apêndice D – Análise da variância (ANOVA)

Este apêndice descreve o processo de geração de uma análise da variância (ANOVA) realizada para comparar a relevância estatística dos dados observados no estudo de usabilidade da v-Glove. Para a geração das análises utilizamos como ferramenta o software Microsoft Excel. Existem diversos tipos de ANOVA, mas apenas três deles são suportados no Excel: ANOVA de fator único, ANOVA de dois fatores com replicação e ANOVA de dois fatores sem replicação. Como no nosso trabalho temos dois fatores (o dispositivo utilizado e o grupo que utilizou) e todos os usuários testaram todos os dispositivos, usaremos o ANOVA de dois fatores com várias mostras por grupo, chamado pelo Excel de ANOVA de dois fatores com replicação. Exemplificaremos nas seções a seguir o processo de geração do ANOVA para a análise do desempenho dos participantes na realização das tarefas e para a análise das notas dadas pelos participantes para cada um dos dispositivos.

D.1 ANOVA no desempenho das tarefas

Para comparar o desempenho de três dispositivos distintos em três grupos de usuários utiliza-se o ANOVA de dois fatores com várias mostras por grupo. Como mencionado anteriormente, os dois fatores nesse caso são **dispositivo** e **grupo de usuários**. A Tabela D.1 mostra os dados que foram utilizados para geração da análise. A quantidade de dispositivos é representada pelas colunas da tabela e os grupos são representados pelas linhas. É importante ressaltar que o número de grupos e de dispositivos pode variar dependendo do estudo a ser feito.

Desempenho			
	L	LF	M
Grupo E	162	125	73
	154	94	56
	261	132	97
	201	203	120
	160	247	54
	190	125	51
Grupo N	162	271	81
	233	109	63
	604	351	156
	165	178	75
	254	204	86
	237	111	73
Grupo O	538	196	103
	341	195	141
	204	212	62
	215	198	74
	442	113	83
	185	227	66

Tabela D.2: Dados de desempenho dos participantes nas tarefas

O ANOVA de dois fatores com várias mostras por grupo pode ser gerado no Microsoft Excel clicando-se no menu **Ferramentas (Tools) > Análise de Dados (Data Analysis)** e selecionando a opção **Anova: Dois Fatores com Replicação (Anova: Two-Factor With Replication)** [Schmuller 2009]. Como dados de entrada foram selecionadas as linhas e colunas da Tabela D.1, definindo-se o valor 6 como número de amostras por grupo. O resultado da análise gerada pelo Microsoft Excel pode ser visto na Tabela D.2.

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Luva sem feedback	Luva com feedback	Mouse	Total		
<i>Grupo E</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	1128	926	451	2505		
Average	188	154.33	75.17	139.17		
Variance	1623.60	3363.07	778.17	4064.03		
<i>Grupo N</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	1655	1224	534	3413		
Average	275.83	204	89	189.61		
Variance	27350.97	8889.6	1138	17263.31		
<i>Grupo O</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	1925	1141	529	3595		
Average	320.83	190.17	88.17	199.72		
Variance	21110.17	1581.37	882.97	16535.04		
<i>Total</i>						
Count	18	18	18			
Sum	4708	3291	1514			
Average	261.56	182.83	84.11			
Variance	17952.50	4532.62	865.75			
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	37883.11	2	18941.6	2.56	0.09	3.20
Columns	284578.78	2	142289.39	19.19	0.00000	3.20
Interaction	25492.11	4	6373.0	0.86	0.50	2.58
Within	333589.50	45	7413.1			
Total	681543.50	53				

Tabela D.3: ANOVA gerado no Excel para o desempenho dos participantes

O resultado de uma ANOVA é expressado através do valor estatístico F. Nesse caso, o valor de F da mostra (*Sample*) dos Grupos E, N e O é 2,56. Para saber se este resultado é significativo (ou seja, se a probabilidade P tem um valor inferior a 0.05), o valor de F precisa chegar pelo menos a 3,20 (que é o valor crítico de F). Como o valor de F é 2,56 e ele não é maior que o valor crítico de F, não podemos dizer que exista uma diferença significativa na comparação entre o desempenho dos grupos [Anova 2011].

No caso do valor de F para as colunas (*Columns*), o resultado foi significativo, pois o valor de 19,19 é superior ao valor crítico de F que é 3,20. Em outras palavras, pode-se afirmar que existe relevância estatística na diferença entre o desempenho dos participantes nos três dispositivos testados.

Ao mesmo tempo, porém, é preciso interpretar o valor de F que está relacionado ao efeito de uma interação. Dependendo da situação, o efeito de uma interação pode negar o efeito principal. Neste exemplo não existe efeito de interação já que o valor de F é 0,86, menor que o valor crítico de 2,58. Na prática isto quer dizer que não existe uma diferença significativa entre os grupos no desempenho das tarefas para cada um dos dispositivos [Agresti 2007].

D.2 ANOVA no questionário pós-testes

Para comparar as notas dadas pelos participantes dos grupos para cada um dos dispositivos utiliza-se novamente o ANOVA de dois fatores com várias mostras por grupo. Os dois fatores são os mesmos da seção anterior: dispositivo e grupo de usuários. A Tabela D.3 mostra os dados que foram utilizados para geração da análise.

Visão geral			
	L	LF	M
Grupo E	2	5	6
	4	5	6
	2	3	5
	3	5	7
	5	5	6
Grupo O	4	6	7
	2	4	6
	3	5	7
	2	3	6
	3	6	6
Grupo N	3	6	6
	3	4	7
	2	3	5
	4	5	6
	5	6	5
	5	5	6
	3	6	6
	3	5	7

Tabela D.4: Notas dadas pelos participantes para os dispositivos

O processo de geração da análise no Excel é exatamente igual ao feito na seção anterior. A diferença é que utilizaremos agora como dados de entrada a

Tabela D.3, que mostra as notas dos participantes para cada um dos dispositivos. O resultado da análise gerada pelo Microsoft Excel pode ser visto na Tabela D.4.

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Luva sem feedback	Luva com feedback	Mouse	Total		
<i>Grupo E</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	20	29	37	86		
Average	3.33	4.83	6.17	4.78		
Variance	1.47	0.97	0.57	2.30		
<i>Grupo O</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	16	28	38	82		
Average	2.67	4.67	6.33	4.56		
Variance	0.27	1.47	0.27	2.97		
<i>Grupo N</i>						
Count	6	6	6	18		
Sum	22	30	35	87		
Average	3.67	5	5.83	4.83		
Variance	1.47	1.2	0.57	1.794		
<i>Total</i>						
Count	18	18	18			
Sum	58	87	110			
Average	3.22	4.833	6.11			
Variance	1.12	1.09	0.46			
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.78	2	0.39	0.43	0.66	3.20
Columns	75.44	2	37.72	41.23	0.000000000067	3.20
Interaction	3.44	4	0.86	0.94	0.45	2.58
Within	41.17	45	0.91			
Total	120.833	53				

Tabela D.5: ANOVA gerado no Excel para as notas dos participantes

O valor de F da mostra neste caso é 0,43. Como o valor é menor que o valor crítico de F, que é 3,20, podemos mais uma vez afirmar que não existe uma diferença significativa na comparação entre o desempenho dos grupos.

No caso do valor de F para as colunas, o resultado foi significativo, pois o valor de F = 41,23 é superior ao valor crítico de 3,20. Em outras palavras, pode-se mais uma vez afirmar que existe relevância estatística na diferença entre o desempenho dos participantes nos três dispositivos testados.

Em relação ao efeito de interação temos um valor de F de 0,94, inferior ao valor crítico de 2,58, confirmando o que não existe uma diferença significativa entre os grupos nas notas dadas para cada um dos dispositivos.