

# Um Estudo em Interfaces Tangíveis: Avaliação de Usabilidade de um Simulador de Armas de Fogo

## A Study on Tangible Interfaces: Usability Evaluation of a Simulator of Firearms

*Alessandro Vieira dos Reis<sup>1</sup>, Berenice  
Gonçalves<sup>2</sup>, Fabiano Luiz Santos Garcia<sup>3</sup>*

## Resumo

As interfaces tangíveis constituem um paradigma de interação recente e pouco sistematizado. O presente artigo objetiva apresentar a avaliação de usabilidade de um simulador de armas de fogo que faz uso de interfaces tangíveis, desenvolvido em Florianópolis, SC. A pesquisa empregou o protocolo de avaliação System Usability Scale, além de questionários e entrevistas, em uma turma de 14 alunos de um curso para vigilantes privados. Os resultados permitiram a análise de fatores de usabilidade ligados à interação tangíveis como a apreensão de objetos físicos, feedback cinestésico e incorporação do usuário em uma realidade virtual.

**Palavras-Chave:** Design de Interação, Interfaces Tangíveis, Simulador de tiros

## Abstract

The tangible interfaces form a new paradigm and lacking interaction analysis models. This paper presents the usability evaluation of a firearms simulator that makes use of tangible user interface, developed in Florianópolis, SC. The research employed the evaluation protocol System Usability Scale, and questionnaires and interviews, in a class of 14 students of vigilant training course. The results allowed the analysis of usability factors related to seizure of physical objects, motor feedback, and incorporation of the user in a virtual reality.

**Keywords:** *Interaction Design, Tangible Interfaces, Shooting Simulator.*

ISSN: 2316-7963

---

<sup>1</sup> Mestrando em Design de Interação, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, alessandro.v.r@posgrad.ufsc.br, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>2</sup> Profa. Dr.a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, berenice@cce.ufsc.br, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>3</sup> Dr. Engenharia Elétrica pelo INPG França Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, garcia@simulogica.com.br, Florianópolis, SC, Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

O paradigma de interação representado pelas interfaces tangíveis foi iniciado no final dos anos 1990, tendo por obra pioneira o artigo de Ishii e Ullmer(1997), e que vem crescendo na última década, tornando-se objeto de estudo em Design de Interação junto com as interfaces gráficas. As interfaces tangíveis caracterizam-se pelo uso da corporalidade integral ou parcial do usuário, que se torna capaz de interagir com uma realidade virtual através de comandos emitidos com seu corpo através de objetos reais ou gestos que passam a ter propriedades digitais (HORNECKER, 2010). O estudo das interfaces tangíveis ainda carece de sistematização, dada a falta de orientações, normas e protocolos para avaliação e criação de tais interfaces.

As interfaces tangíveis têm sido aplicadas para desenvolver interações onde o usuário tem sua corporalidade explorada para emitir comandos, através de gestos e outros tipos de movimentos que vão além de clicar de botões em teclados, mouses e telas. Contudo o design de interfaces tangíveis oferece desafios em termos de como avaliar propriedades sensoriomotoras dos usuários afim de melhor projetar interações de tais ações com eventos digitais. A cognição humana envolvida nas interfaces tangíveis possui diferenças em relação à que ocorre na interação do tipo GUI (Graphical User Interfaces), que é baseada essencialmente na visão e em ações de clicar em elementos ativos da interface.

Tal contexto suscita uma questão para pesquisadores em Design: “Como projetar interfaces tangíveis, dado o pouco conhecimento sistematizado sobre tal paradigma de interação?”

Focado em tal questão, o presente artigo tem por objetivos:

1. Investigar uma aplicação das interfaces tangíveis de explorar os critérios de análise demandados pela interação do usuário com tal sistema;
2. Propor aprimoramentos para a aplicação investigada, no que tange sua interface com o usuário.

Tais objetivos visam fornecer subsídios para o design de interfaces tangíveis a partir de uma pesquisa centrada no usuário. Parte-se da premissa que a interação tangível requer uma compreensão de aspectos cognitivos do usuário tais como sensorialidade e motricidade, afim de promover um melhor design de interface. Isto é, tal paradigma de interação demanda um design centrado no usuário que possua o suporte de modelos explicativos para a cognição humana integral.

A investigação contida neste artigo restringe-se à análise de um exemplo de interação tangível afim de propor aperfeiçoamentos em um simulador de tiros. Não é do escopo deste artigo delimitar um simulador ideal de tiros, nem apresentar instrumentos acabados para o design e avaliação de interfaces tangíveis.

## 2. SIMULADORES DE TIROS COMO INTERAÇÃO TANGÍVEL

Por “simulador”<sup>4</sup> entende-se qualquer artefato ou sistema capaz de imitar condições reais de tal forma que os aprendizados ocorridos no ambiente virtual de imitação podem ser generalizados para as condições reais imitadas (VINCENZI, 2009). Simuladores são desenvolvidos para fins de ensino e avaliação de alunos nas mais diferentes áreas, sendo parte dos treinamentos de condução de veículos militares e civis (ALLEN, 2007), bem como do manuseio de instrumentos e máquinas, como por exemplos guindastes (ALVES, 2010). Enquanto artefatos de ensino, simuladores proporcionam interações entre aprendiz e sistema. Algumas dessas interações são expressas como interfaces gráficas, ou audiovisuais; outras, como é o caso estudado neste artigo, como interfaces tangíveis.

### 2.1 - Design de Interfaces Tangíveis

Interface pode ser definida como uma camada de interação entre usuário e sistema, “na qual o usuário se comunica com o sistema, recebendo informações deste e emitindo comandos em retorno” (SEO, 2013, p. 2036). O Design de Interação é “a disciplina do Design dedicada ao estudo e projeto de interfaces” (FALCÃO, 2007, p. 34). Já Preece, et al. (2005) conceitua o Design de Interação como sendo o desenvolvimento de produtos interativos que fornecem suporte às atividades dos cotidianos das pessoas, seja no lar ou no trabalho, melhorando ou estendendo a maneira como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem.

Em termos de interação entre humano e sistema, as *Graphical User Interfaces* (GUI), envolvem informação visual disposta em telas, com suporte auditivo ou não. Os elementos visuais das GUI se configuram através do paradigma WIMP (*Window, Icon, Menu e Pointing devices*), isto é, representações gráficas em forma de janelas, ícones, menus e uso de dispositivos com ponteiros, como o mouse. Porém no final dos anos 1990 surge, segundo Ullmer (2002), um novo paradigma de interação conhecido como Interfaces Tangíveis. Ainda pouco conhecido e estudado (BRAGA, 2012), o paradigma interfaces tangíveis, segundo Hornecker (2010), consiste no uso da corporalidade num sentido mais amplo que apenas a visão e respostas como clicar em botões. A interação tangível permite interagir com ambientes e objetos físicos, que passam a apresentar propriedades virtuais.

A produção em interfaces tangíveis se intensificou nos anos 2000 a partir de inovações tecnológicas como a Realidade Aumentada<sup>5</sup> (SEO, 2013). O uso de tal tipo de interface encontra-se muito ligado a experimentos, principalmente em artes digitais (PARAGUAI, 2008), como em instalações artísticas interativas.

---

<sup>4</sup> Simulação significa, no presente contexto, o ato de criar cenários virtuais que imitam uma dada realidade, com fins de treinamento e educação (VINCENZI, 2009).

<sup>5</sup> Realidade aumentada: “o desafio neste caso é fazer com que os elementos virtuais pareçam fazer parte do ambiente real e a este se integrar” (TORI, 2006).

Dentre as principais características das interfaces tangíveis, destacam-se:

- Reconfiguração digital do espaço físico (SHAER e HORNECKER, 2009);
- O uso de componentes físicos integrados por regras e funcionamento digital (ULLMER, 2002);
- A incorporação, em diferentes níveis, do usuário em uma realidade virtual<sup>6</sup> (FALCÃO, 2007);
- A interatividade do usuário com uma realidade virtual através da manipulação do espaço e objetos físicos e o senso de presença na realidade virtual acrescido pela captação de respostas motoras e vocais, bem como da interação de objetos físicos com objetos e cenários virtuais (HORNECKER, 2010); o uso de interações espontâneas, baseados em gestos naturais, voz, expressões faciais, etc (LIU, 2011).-

Em se tratando da apreensão e manipulação de objetos físicos no uso da interface, Falcão (2007), refere-se a diferentes graus de incorporação (*embodiment*) do sistema e estipula quatro níveis para esse fenômeno. Quanto maior a incorporação, menor a distinção entre os mecanismos de entrada de comandos do usuário e os de saída de reações do sistema, como mostra a seguinte escala:

1) incorporação distante (*distant*): a saída está "lá", em uma tela, ou até em outra sala;

2) incorporação ambiental (*environmental*): a saída ocorre "ao redor" do usuário, tipicamente por meio de áudio, luz ou calor - há apenas uma relação tênue entre o objeto de entrada e a saída;

3) incorporação próxima (*nearby*): a saída ocorre "perto" do objeto de entrada. A saída está fortemente acoplada à entrada - como no caso de uma caneta especial que altera uma tela de visualização "riscada" por ela;

4) incorporação completa: (*full*): o dispositivo de entrada é o dispositivo de saída - o estado do dispositivo está totalmente incorporado no próprio dispositivo.

Barbosa (2010), apresenta uma série de critérios para avaliação de atributos essenciais em interações tangíveis: a forma como os dados são representados fisicamente; a capacidade do usuário de perceber e mover objetos digitais; o uso do espaço físico; feedbacks multisensoriais; curva de aprendizagem; utilização, parcial ou integral, do corpo do usuário; etc.

---

<sup>6</sup> Realidade Virtual pode ser entendida como "uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e interação em tempo real, em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multisensoriais, para atuação ou feedback" (TORI, 2006).

O advento das interfaces tangíveis trouxe novas questões de pesquisa para o Design de Interação pois no contexto do projeto deve-se levar em consideração a corporalidade do usuário inserida em um ambiente físico: seu andar, se locomover pelo espaço, gestos e expressões corporais e mesmo faciais e vocais, etc. A forma como esses comportamentos do usuário devem tomar parte de um projeto de interação ainda é objeto de muitas dúvidas (BARBOSA, 2010). Dentre elas, a necessidade como projetar interações que façam uso de uma gama maior de comportamentos do usuário e ofereçam itens de interface além do paradigma WIMP.

## 2.2 - O simulador de tiros estudado

O uso de simuladores dedicados ao treinamento em armas de fogo está previsto nas normativas das Forças Armadas do Brasil (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2013), e já é usado para treinamento da Polícia Militar de Santa Catarina (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2014). Tais simuladores partem do princípio que é mais eficiente aprender a usar a arma em simulação antes do treino e do uso real, seja por questões de segurança, seja por custo e didática.

O presente artigo trata do modelo SimIF-FT de simulador de tiro<sup>7</sup>, que tem por objetivo o treinamento dirigido a agentes da lei e de segurança privada, e trata do manuseio de armas de fogo como pistolas e revólveres. Tal prática é regulamentada pela Portaria 3233 (POLÍCIA FEDERAL, 2012), que prevê "exercícios simulados", se referindo a dinâmicas de simulação em ambientes reais. A Portaria não especifica o uso de simuladores digitais, sendo portanto este optativo.

A proposta do simulador é treinar os comportamentos sensoriomotores de manuseio de uma arma de fogo e não todo o processo cognitivo de tomada de decisão envolvido em fazer uso da arma. A simulação de toda a cadeia comportamental, desde a decisão de sacar e atirar até o ato motor propriamente dito, é foco de outros tipos de simuladores que possuem cenários virtuais mais elaborados que o simulador estudado. Os comportamentos sensoriomotores simulados são os que envolvem o manuseio da arma de fogo para atirar. Segundo o material didático de treinamento da PROSEGUR (PROSEGUR, 2007. p. 116), o manuseio de uma arma consiste em:

- 1- Empunhar adequadamente a arma;
- 2- Posicionar o corpo inteiro para o disparo;
- 3- Controlar a respiração;

4 - Apontar (sincronizando a linha de visão com a linha formada pela alça e a massa de mira da arma);

---

<sup>7</sup>Desenvolvido pela empresa Simulogica, de Florianópolis,SC, em 2012

5- Pressionar o gatilho mantendo o alinhamento da mira (controlando a arma quando ela sofre o recuo do tiro).

O referido manual de treinamento prossegue afirmando que as quatro primeiras ações somadas representam 40% do sucesso em atirar, sendo essas as mais fáceis de reproduzir em um simulador. Já o item 5, o comportamento de acionar o gatilho, que significa 60% do sucesso, apresenta maior dificuldade em ser simulado por conta de efeitos físicos contingentes ao disparo. Para garantir o realismo cinestésico do disparo, o simulador faz uso de um sistema de ar comprimido que promove movimentos na arma quando o gatilho é acionado, gerando assim um *feedback* motor imediato e intenso. Porém o efeito não reproduz com perfeição a sensação motora do recuo de um tiro. Assim sendo, o simulador tem êxito em imitar os 40% iniciais do processo de atirar, somados a parte dos 60% de acionar o gatilho. Nenhum simulador, contudo, reproduz inteiramente a realidade a que ele se dispõe a imitar.

A Imagem 1 apresenta, à esquerda, a tela do simulador, e à direita, um aluno do Centro de Treinamentos da PROSEGUR usando o aparelho, sendo orientado por um instrutor (ao fundo)

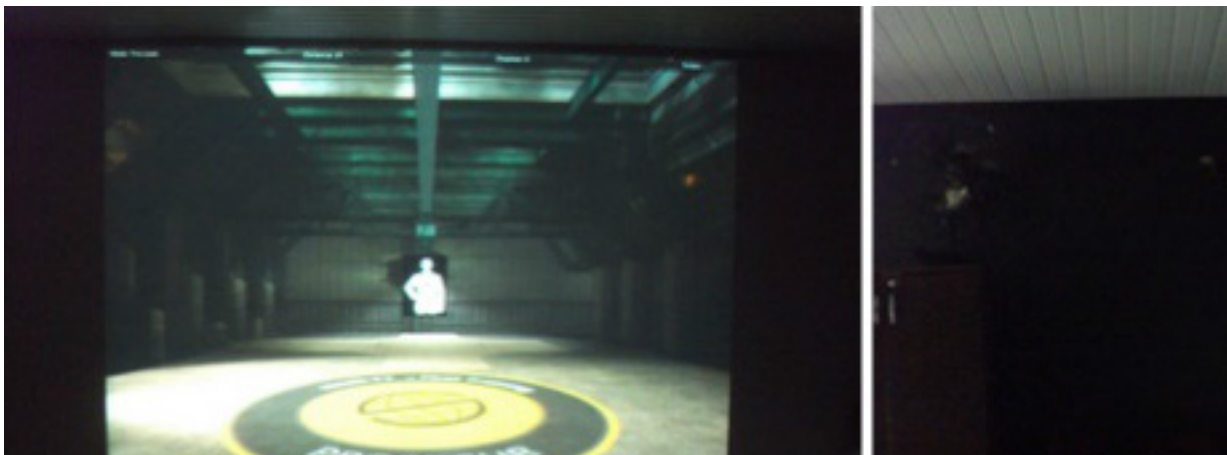


Imagem 1 - O simulador em uso no Centro de Treinamento da PROSEGUR

Torna-se importante que o usuário se sinta imerso em uma realidade virtual, para isso manuseando um objeto físico que interage com ela: uma arma real acrescida de um sistema de ar comprimido para o feedback cinestésico do disparo.

Quanto ao espaço físico onde ocorre a interação tangível, isto é, onde o usuário posiciona-se e apreende objetos e informação ambiental que são virtualizadas e ouvidas, a disposição espacial dos componentes na sala, de acordo com a empresa desenvolvedora (SIMULOGICA, 2014), se dá de acordo com a Imagem 2:

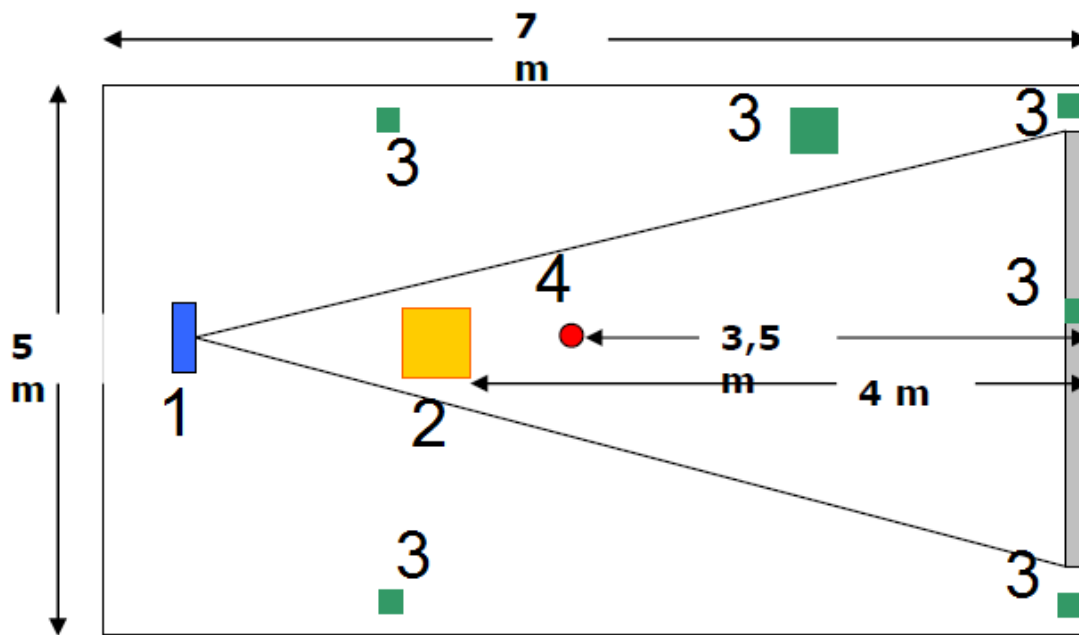


Imagem 2 - Esquema do ambiente físico para o simulador. FONTE: Manual do simulador.

Da Imagem 2, destacam-se os principais componentes do simulador:

1. Projetor Multimídia (resolução mínima 1024 x 768 pixels);
2. Local demarcado para o aluno realizar seu treinamento;
3. Caixas acústicas para o sistema surround 5.1 (5 cx. pequenas + subwoofer ativo – cx. Grande);
4. Ponto para suporte do dispositivo de captura;
5. Tela de 150 polegadas (branca fosca e não reflexiva).

Uma unidade do simulador foi instalada no Centro de Formação da PROSEGUR, em Palhoça, SC, em março de 2013. Nesse Centro, o uso do simulador faz parte do treinamento nos cursos de Vigilante, Reciclagem de Vigilante, Transporte de Valores, Reciclagem de Transporte de valores, Escolta Armada e Segurança Pessoal Privada. O treinamento nesses cursos não envolve apenas armas de fogo, mas também conhecimentos em legislação, defesa pessoal, segurança contra incêndio, etc. A aprovação no treinamento demanda ao menos nota 6, de 0 a 10, para a aprovação, sendo que a nota é publicado no certificado do aluno. Quanto ao treinamento específico com arma de fogo, não se dá apenas sobre o manuseio da arma, mas também envolve a decisão de atirar, isto é, o autocontrole motor, emocional e cognitivo desprendido ao usar uma arma de fogo como instrumento de trabalho.

A Imagem 3 apresenta a interface gráfica do simulador de acesso privativo do



instrutor, onde o desempenho do aluno é apresentado em indicadores (variando de 0 a 70 pontos), bem como em um gráfico que reproduz os tiros efetuados no alvo (pontos vermelhos)

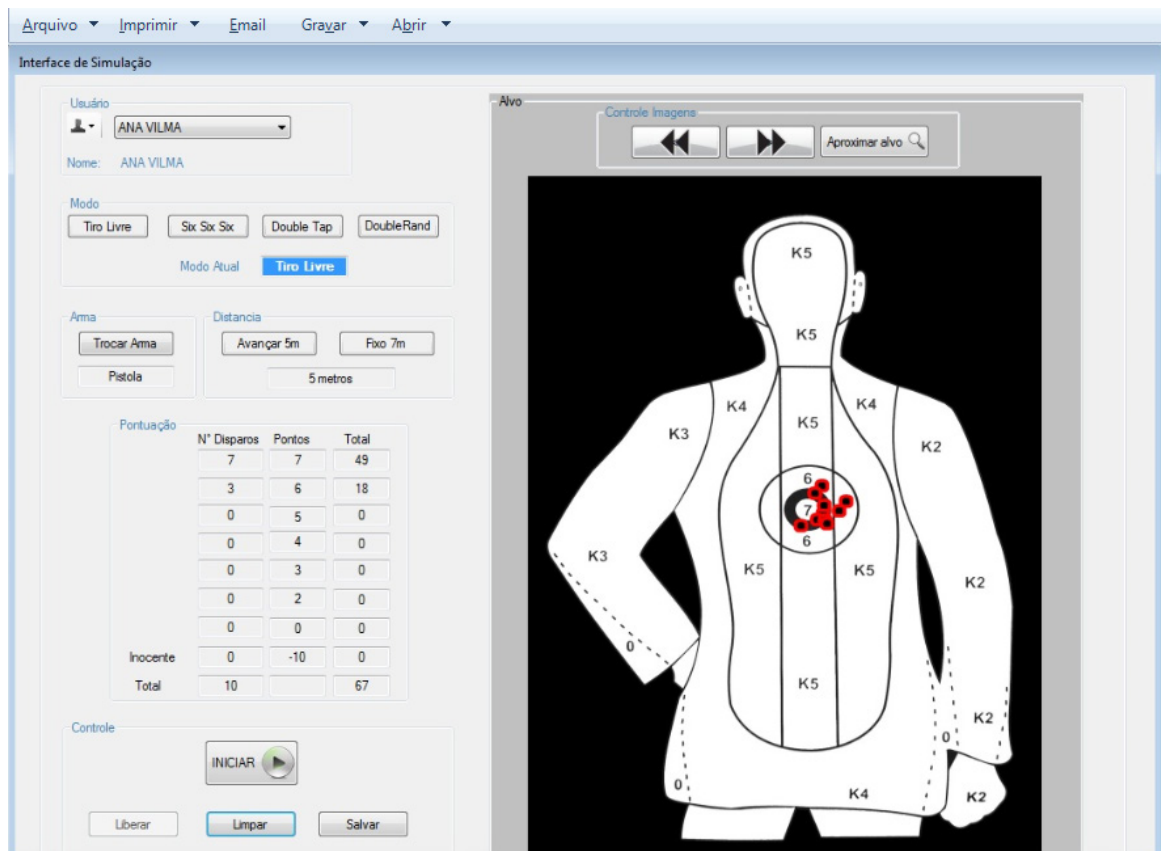


Imagem 3 - Interface do simulador para uso do instrutor

O treinamento no Centro de Treinamento da PROSEGUR em Palhoça se dá com o seguinte roteiro:

- 1 - Aulas teóricas;
- 2 - Uso do simulador;
- 3 - Aulas práticas no stand de tiro;
- 4 - Novo treino no simulador.

O treino simulado tem por objetivo refinar habilidades como manusear a arma, fazer mira, disparar, etc. E dessa forma preparar os alunos com mais confiança para o uso de uma arma de fogo.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De natureza qualitativa, a pesquisa descrita neste artigo tem por foco identificar fenômenos relativos à interface tangível do simulador e identificar as causas destes. Para tal baseia-se em um estudo estatístico dos comportamentos de uso do simulador numa amostra formada por 14 alunos de uma turma do curso de reciclagem para vigilantes privados, no Centro de Treinamento da PROSEGUR em Palhoça, SC.

Constam como instrumentos de pesquisa cinco itens:

a) Um questionário desenvolvido pelo autor, com perguntas sobre o perfil do usuário (nome, idade, escolaridade, experiência com armas de fogo, etc);

b) O protocolo de avaliação de usabilidade System Usability Scale, ou SUS (BROOKE, 1996). O instrumento é composto por 10 itens, que devem ser avaliados em uma escala numérica de 0 a 10. Foram incluídos no SUS quatro itens de avaliação desenvolvidos pelo autor;

c) Observações sistemáticas do uso do simulador, feitas in loco no Centro de Treinamentos da PROSEGUR em Palhoça, em duas visitas entre junho e julho de 2014;

d) Entrevistas com alunos e instrutores, tendo por pauta questões de usabilidade, e de respostas abertas. As questões giraram em torno de temas como realismo da simulação, eficácia dos comandos, eficiência, feedbacks do sistema e satisfação ao usar. Por exemplo, todos os alunos foram questionados sobre o sincronismo percebido entre seus comandos de disparos e o feedback audiovisual no alvo;

e) O registro do desempenho do usuário no simulador, feito pelo próprio software. O desempenho no simulador foi medido pela pontuação nos tiros. Cada disparo variava entre 7, 6, 5, 4, 3, 2 ou 0 pontos, dependendo a região do alvo que atingia. No total cada sessão de tiros somava 10 disparos, perfazendo uma pontuação máxima de 70 e mínima de 0 pontos. O desempenho de cada aluno foi medido pela diferença entre pontos marcados entre a primeira e a segunda sessão.

Tomando esses cinco instrumentos, a avaliação se deu conforme as seguintes etapas:

- 1) Os dados dos perfis dos 14 alunos eram coletados;
- 2) Os alunos passaram pelas aulas teóricas com o instrutor do Centro de Treinamento da PROSEGUR;
- 3) Poucas horas após a aula teórica experimentaram pela primeira vez o simulador, orientados pelo instrutor. Imediatamente após essa primeira sessão de uso

responderam às questões sobre usabilidade do protocolo SUS e ao questionário do autor (que contém quatro questões específicas sobre interfaces tangíveis, apresentadas no Quadro 2) ;

4) Em seguida foram entrevistados individualmente sobre a usabilidade do simulador (eficácia e eficiência da interação), com ênfase na satisfação deles como usuários, e em eventuais recomendações de mudanças;

5) No dia seguinte os 14 alunos participaram da aula prática no stand de tiros, com o instrutor;

6) Poucas horas depois da aula prática houve uma segunda sessão de uso do simulador, onde no final a turma inteira era entrevistada na sala das aulas teóricas. Tal entrevista retomou a pauta da entrevista individual descrita no item 4, mas com ênfase nos erros do sistema percebidos pelos usuários.

## 4. RESULTADOS

Os alunos tinham entre 25 e 48 anos, sendo 13 homens e 1 mulher, o que corresponde ao perfil majoritariamente masculino da classe profissional de vigilantes de empresas privadas no Brasil. Dos 14 alunos, 10 tinham por escolaridade o ensino médio completo, 2 o ensino médio incompleto e 2 cursam o ensino superior. Todos já haviam passado por treinamento de vigilante privado, portanto tinham experiência com armas de fogo. A média de tempo de experiência na profissão foi de 5,6 anos.

### 4.1 – Avaliação da Satisfação dos Usuários

Neste segmento estão inclusos os dados oriundos das avaliações dos alunos, seja ela via questionário, seja via entrevistas. Os resultados do protocolo SUS são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Resultados do protocolo SUS

<b>Critério</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>
1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema frequentemente.	9,07	0,73
2. Eu achei o sistema desnecessariamente complexo.	6,92	1,68
3. Eu achei o sistema fácil de usar	8,85	0,86
4. Eu acho que eu precisaria de ajuda de um técnico para ser capaz de usar o sistema.	8,14	0,77
5. Eu achei que as funções do sistema estavam bem integradas.	7,85	0,86
6. Eu achei que havia muitas inconsistências no sistema.	4,92	1,73
7. Eu acho que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse sistema rapidamente.	8,85	0,86
8. Eu achei o sistema muito incômodo de usar.	2,64	1,33
9. Eu me senti muito confiante usando o sistema.	9,5	0,51
10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar o sistema.	2,64	1,64

Os resultados do questionário desenvolvido pelo autor para a avaliação do simulador são apresentados no quadro 2:

Quadro 2 – Resultados do questionário do autor

<b>Critério</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>
O quanto sentiu que estava usando uma arma de verdade	8,39	1,18
Correspondência entre disparo real e tiro virtual	8,71	1,2
Treinou coisas que aplicaria em situação real?	9,17	0,86
Recomendaria o simulador para outros alunos?	9,42	1,22

Outros dados, relativos ao perfil dos 14 alunos, como idade, escolaridade e sexo, não mostraram qualquer relação estatística com indicadores de usabilidade.

Nas entrevistas individuais e grupais com a turma de 14 alunos destacaram-se os seguintes tópicos, em termos de frequência decrescente de comentários:

- O senso de presença no simulador foi entendido como forte. Os alunos declararam que sentiam-se dando tiros em um stand;
- O fato de ser uma arma de verdade usada como meio para interagir com a simulação ajudou na experiência. Tal recurso agregou realismo sensorial (por propriedades físicas da arma como peso, temperatura, texturas, material, etc);
- Os disparos pareceram corresponder aos resultados, em termos de mira
- O uso do simulador proporcionou um exercício sem riscos e útil para tranquilizar os alunos, preparando-os para as aulas práticas no stand de tiros. Foi enfatizado pelos alunos que passar pelo simulador tem um efeito preparatório especialmente útil para novatos.

## **4.2 – Desempenho nos tiros**

Dentre a primeira e a segunda sessão de tiros, dos 14 alunos 7 apresentaram decréscimo na pontuação, e 7 apresentaram acréscimo. O desempenho em pontos na sessão 1 e na sessão 2 é apresentado no Quadro 3:

Quadro 3 – Desempenho nas sessões de tiro

Aluno	Sessão 1	Sessão 2	Mudança no desempenho
1	56	63	+7
2	64	58	-6
3	53	54	+1
4	69	60	-9
5	56	55	-1
6	57	61	+4
7	60	74	+14
8	61	67	+6
9	63	61	-2
10	67	62	-5
11	62	67	+5
12	51	58	+7
13	61	53	-8
14	62	57	-5

A média aritmética da mudança nos desempenhos dos alunos foi de um acréscimo de 0,57 pontos, com desvio-padrão de 6,81. Nota-se portanto uma variação média pequena (+0,57 de pontos, numa escala de 0 a 70) do desempenho da sessão 1 para a sessão 2. Em outras palavras, não houve uma tendência de acréscimo ou decréscimo em todos os alunos, permitindo inferir que os desempenhos nas duas sessões foram equivalentes.

Com o uso do procedimento estatístico conhecido por “r de Pearson” foi calculada a correlação entre a mudança de desempenho entre sessões e os fatores de satisfação com a usabilidade descritos no Quadro 1 no Quadro 2. Os resultados são apresentados no Quadro 4:

Quadro 4 – Correlação entre usabilidade e desempenho

Instrumento de avaliação	Critério	Correlação com a mudança no desempenho
Protocolo System Usability Scale	1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema frequentemente.	-0,04
	2. Eu achei o sistema desnecessariamente complexo.	0,20
	3. Eu achei o sistema fácil de usar	0,37
	4. Eu acho que eu precisaria de ajuda de um técnico para ser capaz de usar o sistema.	-0,14
	5. Eu achei que as funções do sistema estavam bem integradas.	-0,08

Protocolo System Usability Scale	6. Eu achei que havia muitas inconsistências no sistema.	0,31
	7. Eu acho que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse sistema rapidamente.	-0,15
	8. Eu achei o sistema muito incômodo de usar.	-0,41
	9. Eu me senti muito confiante usando o sistema.	-0,58
	10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar o sistema.	0,01
Questionário do autor	O quanto sentiu que estava usando uma arma de verdade	-0,22
	Correspondência entre tiros real-virtual	0,03
	Ajudou a aprender?	-0,36
	Recomendaria?	-0,47

A partir dos dados expostos no Quadro 3, onde os valores obtidos pelo “r de Pearson” tendem a ser próximos de 0, evidencia-se que não houve nenhuma correlação significativa entre o desempenho no simulador e indicadores de satisfação com o uso.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 – Satisfação e Desempenho

Os indicadores de usabilidade usados apontam um quadro positivo em termos de satisfação dos usuários. O simulador pontuou 9 ou mais, numa escala de 0 a 10, em diversos quesitos como “Me senti confiante”, “Recomendaria”, etc.; e pontuando baixo em quesitos negativos, como “Achei incômodo de usar” e “Precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar”. Os indicadores mostram como o simulador foi considerado de usabilidade excelente ou muito boa pelos 14 alunos participantes da pesquisa.

No que diz respeito ao desempenho nos tiros, nota-se dois fenômenos:

a) uma mudança de pouca significância da média da sessão 1 para a sessão 2. Levando-se em conta que se trata de 14 vigilantes com experiência prévia em atirar isso pode indicar que o ganho de performance para tal grupo demandaria mais sessões de treino;

b) a ausência de correlação entre esse fator e os indicadores de satisfação com a usabilidade. Infere-se que a satisfação dos usuários não foi determinada pelo desempenho satisfatório, nem é prejudicada pelo desempenho abaixo da média. Portanto, o

SimFT-FT apresenta características que o tornam satisfatório para o uso mesmo que isso não implique em facilidade de ganho de habilidades em tiros.

## 5.2 – A Interface tangível do simulador

O SimIR-FT promove a “reconfiguração digital do espaço físico” (SHAER e HORNECKER, 2009), a medida que a sala onde é instalada o simulador é convertida em um stand virtual de tiros através da projeção de imagem e som interativos. Quanto ao uso de objetos físicos como componentes da interface (ULLMER, 2002), o fato do simulador empregar uma arma real, que passou a ter propriedades digitais na simulação com o uso de sensores, agregou imersão à experiência do usuário.

O nível de incorporação do usuário (FALCÃO, 2007) observado é do tipo “próxima”, uma vez que a interação ocorre entre arma (física) e alvo (virtual), sendo que os disparados da arma (objeto de entrada de dados), afeta o alvo (objeto de saída de dados).

Destaca-se ainda como o *feedback* dos disparos, dado pelo “coice” gerado pelo sistema de ar comprimido acoplado à arma, e aliado aos efeitos audiovisuais, foi rico e imediato, favorecendo a aprendizagem. Ou seja, apesar do simulador funcionar por uma realidade virtual, o *feedback* de sua interface tangível conta com o apoio de efeitos cinestésicos sem os quais sua função de imitar a realidade não teria grande eficácia. Somando-se isso o fato do simulador não exigir que o usuário aprenda nenhum novo tipo de comportamentos, mas que use os movimentos exatos que ele usaria em uma situação real, tem-se a “interação espontânea e natural” (LIU, 2011), que otimiza a aprendizagem de habilidades motoras no simulador. O fato da idade, sexo e escolaridade não terem afetado a experiência de usabilidade do simulador pode ser atribuído ao fato de que ele envolve uma “interação natural”, isto é, sem a demanda de aprendizagem de novos movimentos, não oferecendo assim obstáculos a pessoas não habituadas com tecnologias digitais.

## 5.3 – Pontos fortes e pontos fracos da interação

Baseado nas entrevistas e observações do uso destacou-se como um ponto forte do simulador o registro de seu desempenho na forma de indicadores precisos. Tal registro continuado ao longo de sessões permite ao instrutor visualizar o histórico de evolução da performance do aluno na forma de planilhas.

A respeito dos pontos fracos da interação destacou-se apenas um problema relacionado ao suporte tecnológico utilizado. Trata-se do fato do simulador funcionar por sensores de movimento que falham no caso de uma mudança na luz do ambiente físico em que está instalado. Assim se alguém abre a porta da sala escura e alguma iluminação externa surge, o simulador apresenta falhas. Tal problema pode ser resolvido substituíndo a tecnologia de sensoriamento do simulador, ou apenas usando-o em um ambiente mais apropriado em termos de isolamento.

Apresentou-se ainda como ponto fraco o fato da pontuação dos tiros ser uma somatória abstrata, dificultando a análise do desempenho. Uma solução apontada, enquanto interface gráfica, seria indicar a ordem dos disparos com números nos buracos de tiro. Com esse registro da sequência dos tiros seria possível analisar o padrão de disparos e não apenas quantos pontos somaram no total. Os números indicando a sequência dos tiros substituíram os pontos vermelhos de tiros no alvo presentes na Imagem 3.

Outro recurso didático pertinente para a avaliação do instrutor seria a possibilidade de registrar comentários, em texto e/ou áudio, sobre cada sessão de tiros de cada aluno. Dessa forma o instrutor poderia resgatar não apenas a evolução quantitativa no desempenho e o padrões qualitativos de disparos, mas também observações especiais sobre as condições em que esses ocorreram, registradas por ele durante as sessões.

## 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Design das interfaces tangíveis ainda se encontra, cerca de 15 anos após seu advento, em um estágio pouco sistematizado. As aplicações que surgiram nos últimos anos são feitas sem muitas referências e protocolos para facilitar o design de interação. É assim com simuladores de tiros, que ainda geram diversas dúvidas em termos de interface, especialmente no que tange a captação das respostas motoras do usuário e a maneira de oferecer *feedback* audiovisual e cinestésico.

Os objetivos do presente artigo foram cumpridos a medida que foi investigado o simulador como aplicação de interfaces tangíveis, visando apontar caminhos para um melhor design de interface. O método de pesquisa adotado por esse artigo permitiu demonstrar a importância de uma abordagem centrada no usuário para o desenvolvimento de simuladores. Apesar da amostra pequena de usuários, a pesquisa identificou problemas na interface e apontou soluções.

O estudo descrito neste artigo evidenciou a falta de diretrizes especializadas para projetar e avaliar a interfaces tangíveis. Tais diretrizes precisam ser desenvolvidas a partir das propriedades das interfaces tangíveis, que implicam em um amplo estudo da cognição sensório-motora dos usuários.

Como sugestões para estudos futuros, constam: a) o avaliação de simuladores mais complexos, que abarquem também comportamentos de tomada de decisão sobre atirar ou não, e que envolvem não apenas respostas sensoriomotoras do usuários; b) o desenvolvimento de protocolos de design de interfaces tangíveis levando em conta aspectos próprios desse paradigma de interação, tais como: incorporação do usuário na realidade virtual, interação real-virtual e a captação de respostas motoras e expressivas do usuário, bem como formas de *feedbacks* a esses eventos; e c) para aprofundamentos sobre a relação entre aprendizagem e usabilidade de simuladores recomenda-se um estudo com amostragem mais significativa e numa abordagem



longitudinal de um ou dois anos de duração, para melhor tratamento quantitativo dos dados sobre aprendizagem das habilidades de tiro, relacionando esse fator aos indicadores de usabilidade.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, W. **The Effect of Driving Simulator Fidelity on Training Effectiveness**. DSC 2007 North America – Iowa City – September 2009.

ALVES, Juliano; HAYDU, Nicholas; SOUZA, Rodrigo. O uso de simuladores para treinamento em áreas de alta periculosidade – Case Simulador de Guindastes Petrobras. In: SBGAMES 2010. Trilha Games & Cultura. Florianópolis - SC, 8 a 10 de Novembro de 2010.

BARBOSA, Patrícia Conceição. **Interfaces Tangíveis – Representação Física e Controle Digital nas Artes Interativas**. 2010. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso – UNIARA.

BRAGA, Marcelo Cardoso. **Diretrizes para o Design de Mídia Aumentada**. 2012, 102 f. Tese de Doutorado (Pós-graduação em Engenharia do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

BROOKE, John. SUS: a “quick and dirty” usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland. **Usability Evaluation in Industry**. London: Taylor and Francis, 1996.

FALCÃO, T. **Design de interfaces tangíveis para aprendizagem de conceitos matemáticos no Ensino Fundamental**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2007.

EXÉRCITO BRASILEIRO – COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES. **A simulação no exército brasileiro**. 13 de Out de 2013. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/wstm/a-simulao-no-exrcito-brasileiro-coter>> Acessado em: 14 mai. 2014.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **SC é o primeiro Estado do país a adotar unidade móvel de simulador virtual de tiro**. 5 de Jan. 2014. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/index.php/mais-sobre-seguranca-publica/5462-sc-e-o-primeiro-estado-do-pais-a-adotar-unidade-movel-de-simulador-virtual-de-tiro>>. Acessado em: 28 abr. 2014.

HORNECKER, Eva. **Tangible Interaction**. Out. 2010. Disponível em: <[http://www.interaction-design.org/encyclopedia/\\_interaction.html](http://www.interaction-design.org/encyclopedia/_interaction.html)> Acessado em 14 mai. 2014.

LIU, Wu. Natural user interface- next mainstream product user interface, In: IEEE 11h INTERNATIONAL CONFERENCE OF COMPUTER-AIDED INDUSTRIAL DESIGN & CONCEPTUAL DESIGN (CAIDCD), vol.1, 203-205. Beijing: 2011.

PROSEGUR. 2013. Disponível em: <<http://www.prosegur.com.br/bra/Informa%C3%A7%C3%A3o-Corporativa/index.htm>> Acessado em 5 ago. 2014.

PARAGUAI, Luisa. Interfaces multisensoriais: espacialidades híbridas do corpo-espço. Revista FAMECOS, v. 1, n. 37, p. 54-60, dezembro de 2008.

POLÍCIA FEDERAL BRASILEIRA. Portaria 3233. Dezembro de 2012. Disponível em: <<http://www.dpf.gov.br/servicos/seguranca-privada/legislacao-normas-e-orientacoes/portarias/Portaria%20n3233.12.DG-DPF.pdf/view>> Acessado em: 23 ago. 2014.

PREECE, J.; ROGER, Y.; SHARP, H. **Design de Interação: Além da interação homem-computador**. 4a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

PROSSEGUR. Sobre o disparo com armas de fogo. In: Manual do Vigilante. 2007.

SEO, Dong Woo; LEE, Jae Yeol. Physical query interface for tangible augmented tagging and interaction Expert Systems With Applications, V. 40, n. 6, pp.2032-2042, 2013.

SHAER, O.; HORNECKER, E. Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. Foundations and Trends. Human-Computer Interaction, V. 3, Nos. 1-2, p. 1-137, 2009.

SIMULOGICA. **Simulógica – Simulação Computacional e Sistemas de Tiro Virtual**. 2010. Disponível em: <<http://www.simulogica.com.br/>> Acessado em: 23 ago. 2014.

TORI, R.; KIRNER, C e SISCOOTTO, R. Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada. Revista de Computação e Tecnologia da PUC-SP. V. II No: 1, 2010.

ULLMER, B. **Tangible Interfaces for Manipulation Aggregates of Digital Information**. 2012. 430 f. Tese (Doutorado em Design) – Massachusetts Institute of Technology, USA.

ISHII, Hiroshi e ULLMER, Brygg. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. In: CHI '97, March 22-27, 1997, © 1997 ACM 1.

VINCENZI, J. A. Wise, A. Mouloua, P. A. Hancock. **Human Factors in Simulation and Training**. Boca Raton, FL, USA: CRP Press, 2009.