



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO

DEPARTAMENTO DE DESIGN

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Danilo Fernandes Vitorino

**ANÁLISE ERGONÔMICA E DA USABILIDADE COM AUXÍLIO DA
TERMOGRAFIA DIGITAL POR INFRAVERMELHO: um estudo da interface gestual
aplicada em *software* de modelagem 3D**

RECIFE, 2017

DANILO FERNANDES VITORINO

ANÁLISE ERGONÔMICA E DA USABILIDADE
COM AUXÍLIO DA TERMOGRAFIA DIGITAL POR INFRAVERMELHO: um estudo
da interface gestual aplicada em *software* de modelagem 3D

Dissertação apresentada à coordenação do programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), para a obtenção do grau de mestre em Design, sob orientação do Prof. Ph.D. Marcelo M. Soares, e coorientação do Prof. Dr. Márcio A. Marçal.

RECIFE, 2017

Catálogo na fonte
Bibliotecário Jonas Lucas Vieira, CRB4-1204

V845a

Vitorino, Danilo Fernandes

Análise ergonômica e da usabilidade com o auxílio da termografia digital por infravermelho: um estudo da interface gestual aplicada em software de modelagem 3D / Danilo Fernandes Vitorino. – Recife, 2017.
199 f.: il., fig.

Orientador: Marcelo Márcio Soares.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Design, 2017.

Inclui referências, anexos e apêndices.

1. Ergonomia. 2. Usabilidade. 3. Interface gestual. 4. Termografia. I. Soares, Marcelo Márcio (Orientador). II. Título.

745.2 CDD (22. ed.)

UFPE (CAC 2017-235)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

Danilo Fernandes Vitorino

“ANÁLISE ERGONÔMICA E DA USABILIDADE COM AUXÍLIO DA
TERMOGRAFIA DIGITAL POR INFRAVERMELHO: UM ESTUDO DA INTERFACE
GESTUAL APLICADA EM SOFTWARE DE MODELAGEM 3D.”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Planejamento e Contextualização de Artefatos.

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o(a) candidato(a) **Danilo Fernandes Vitorino** APROVADO.

Recife, 06 de novembro de 2017.

Prof. Marcelo Márcio Soares (UFPE)

Prof. Amilton José Vieira de Arruda (UFPE)

Prof. Márcio Alves Marçal (UFVJM)

Prof. Luis Carlos Paschoarelli (UNESP)

Aos meus pais, Francisco e Maria Auxiliadora, aos meus irmãos, Douglas e Déborah e a minha esposa Luana, dedico este trabalho com todo amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Certamente esse trabalho somente foi possível com o apoio de diversas pessoas, as quais gostaria de registrar nesse momento minha gratidão.

Primeiramente a Deus, pois é Dele que vem todo o meu sustento e a força para superar os desafios da vida com amor e humildade.

A toda minha família pelo apoio e confiança, em especial meus pais, irmãos, sogros, cunhados e a minha amada esposa Luana.

Ao Professor Marcelo Soares, pelas orientações, oportunidades e por compartilhar seu rico conhecimento para desenvolvimento desse trabalho, sendo o meu referencial como pesquisador.

Ao Professor Márcio Marçal, pelas orientações para o desenvolvimento dessa pesquisa e contribuições nas bancas de avaliação.

Ao professor e Luiz Paschoarelli pelas importantes contribuições nas bancas de avaliação deste trabalho.

Ao professor Amilton Arruda tanto pelas contribuições nas bancas de avaliação, como pelo amparo e auxílio para a execução do experimento em Recife-PE.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Design, que contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico ao longo do curso.

Aos colegas do programa de pós-graduação em Design, em especial Aline Neves, Carol Pontes e Débora Granja pelos conselhos, auxílios, motivações e parcerias.

Aos servidores do PPGDesign Flávia e Marcelo por todo apoio fornecido.

Aos professores da UFCG, Juscelino Maribondo, Cleone Souza e Itamar Ferreira, pelo auxílio, acolhimento, dedicação e disponibilidade para aplicação do experimento em Campina Grande-PB.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa que possibilitou a realização dessa pesquisa.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

“E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.”

1 Coríntios 13:2

RESUMO

Esta dissertação buscou avaliar a interface de um *software* de modelagem 3D que utiliza os movimentos dos membros superiores (braços, mãos e dedos) dos usuários, como linguagem de interação, denominada interface gestual. Realizado para verificar questões ergonômicas e de usabilidade na interação dos usuários com o sistema, o estudo contempla 3 avaliações: (1) heurística (com 5 especialistas em usabilidade), (2) de usabilidade e (3) ergonômica (com usuários reais), que ocorreram de forma simultânea e complementar. Para tal, foram selecionados os métodos e ferramentas adequados para avaliar o *Software Sculpting* controlado pelo sensor Leap Motion, por meio de uma revisão sistemática de literatura (sobre interfaces gestuais e avaliação de interfaces). Foi empregada a termografia digital por infravermelho na avaliação ergonômica e de usabilidade com o intuito de investigar questões físicas e de estresse referentes aos 12 voluntários do experimento. Como conclusão é possível afirmar que a interface gestual aplicada em *software* de modelagem 3D apresenta problemas ergonômicos e de usabilidade que precisam ser solucionados, verificados através dos métodos específicos de avaliação e com o auxílio da termografia digital, cujos resultados objetivos complementam os métodos tradicionais já consolidados, o que comprovamos também nesse estudo.

Palavras-chave: Ergonomia. Usabilidade. Interface Gestual. Termografia.

ABSTRACT

This dissertation sought to evaluate the interface of a 3D modeling software that uses the movements of users' upper limbs (arms, hands and fingers) as an interaction language, called the gestural interface. The study verified ergonomic and usability issues in the users' interaction with the system through (1) heuristic evaluation (with 5 usability specialists), (2) usability evaluation and (3) ergonomic evaluation (with real users), which occurred simultaneously and complementarily. For that, were selected the appropriate methods and tools to evaluate the Software Sculpting controlled via the Leap Motion sensor, through a systematic literature review (about gestural interfaces and interface evaluation). Digital infrared thermography was used in the ergonomic and usability evaluation to investigate physical and stress issues related to the 12 volunteers of the experiment. As a conclusion it is possible to state that the gestural interface applied in 3D modeling software presents ergonomic and usability problems that need to be solved, verified through the specific evaluation methods and with the aid of digital thermography, whose objective results complement the traditional methods, already consolidated, which we also verified in this study.

Keywords: Ergonomics. Usability. Gestural Interface. Thermography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logo do <i>Software Sculpting</i>	18
Figura 2 - Dispositivo Leap Motion	18
Figura 3 - Diagrama de disciplinas	22
Figura 4 - Alcance vertical	27
Figura 5 - Alcance horizontal	27
Figura 6 - Movimento da mão e punho listados na Tabela 4	27
Figura 7 - Arco horizontal de preensão e área de trabalho na altura de uma mesa de trabalho	28
Figura 8 - Gestos confortáveis “C” e desconfortáveis “U”	29
Figura 9 - Câmeras termográficas	30
Figura 10 - Representação vascular dos grandes vasos que afetam a temperatura subcutânea da face e imagem térmica infravermelha capturada	32
Figura 11 - Modelo de usabilidade de Leventhal e Barnes	41
Figura 12 - Relação das disciplinas acadêmicas, práticas de design e campos interdisciplinares que abordam o design de interação	44
Figura 13 - Esquema geral da experiência do usuário	45
Figura 14 - Gesto simbólico, deíctico, icônico e pantomímico	53
Figura 15 - Demonstração do uso do Leap motion	61
Figura 16 - Sistema de LED's e Câmeras	61
Figura 17 - Espaço interativo em forma de pirâmide invertida	62
Figura 18 - Dispositivo Leap motion e eixos 3D	62
Figura 19 - Interface do Sculpting	65
Figura 20 - Terceira página do tutorial de uso, funções das ferramentas de escultura	66
Figura 21 - Primeira página do tutorial de uso, gesto para seleccionar a opção do menu	66
Figura 22 - Segunda página do tutorial de uso, gesto para movimentar a câmera do ambiente 3D	66
Figura 23 - Quarta página do tutorial de uso, gesto para esconder e mostrar o menu.	67
Figura 24 - Diagrama da interface do Sculpting	67
Figura 25 - Diagrama de tarefas do Sculpting	69

Figura 26 - Diagrama da metodologia aplicada no estudo	72
Figura 27 - Escala de Likert de 5 âncoras	76
Figura 28 - Vista em planta baixa da sala de teste	77
Figura 29 - Posturas incorretas	79
Figura 30 - Posturas recomendadas	79
Figura 31 - Cogumelo do jogo Mario Bros.....	83
Figura 32 - Gráfico da Heurística Feedback.....	84
Figura 33 - Gráfico da Heurística Correspondência e Reconhecimento	85
Figura 34 - Gráfico da Heurística Saídas Claras Indicativas.....	87
Figura 35 - Gráfico da Heurística Prevenção e Correção de Erros.....	88
Figura 36 - Gráfico da Heurística Clareza	89
Figura 37 - Gráfico da Heurística Consistência	90
Figura 38 - Gráfico da Heurística Compatibilidade e Adaptabilidade	91
Figura 39 - Gráfico da Heurística Ajuda e Documentação.....	92
Figura 40 - Gráfico da Heurística Recursos do Usuário	93
Figura 41 - Gráfico da Heurística Conforto.....	94
Figura 42 - Gráfico da Heurística Imersão.....	95
Figura 43 - Gráfico da Heurística Aprendizibilidade	96
Figura 44 - Média dos Níveis de Problemas nas 12 Heurísticas de 0 a 4.....	100
Figura 45 - Flir T600.....	105
Figura 46 - Flir E60	106
Figura 47 - Termo-Higrômetro Digital da marca Incoterm	106
Figura 48 - GoPro Hero 5 Black	107
Figura 49 - Tripé de mesa GoPro.....	107
Figura 50 - Posto de trabalho.....	108
Figura 51 - Mesa de trabalho do experimento	108
Figura 52 - Mesa com questionários	108
Figura 53 - Marcações no chão com fita adesiva	108
Figura 54 - Imagem de voluntários realizando o experimento	111
Figura 55 - Níveis de satisfação em 5 níveis.....	113
Figura 56 - Gráficos de satisfação dos usuários.....	114
Figura 57 - Escala de nível de estresse.	114
Figura 58 - Imagens térmicas do usuário antes e depois do teste.....	119

Figura 59 - Página para avaliação do Braço no Método RULA	122
Figura 60 - Página para avaliação do Antebraço no Método RULA.....	123
Figura 61 - Página para avaliação do Punho no Método RULA	123
Figura 62 - Página para avaliação da Rotação do Punho no Método RULA	124
Figura 63 - Página para avaliação do Pescoço no Método RULA	124
Figura 64 - Página para avaliação do Tronco no Método RULA.....	125
Figura 65 - Página para avaliação das Pernas no Método RULA.....	125
Figura 66 - Página para avaliação da Atividade no Método RULA	126
Figura 67 - Página com do resultado do Método RULA	127
Figura 68 - Gráfico de dor antes do teste	128
Figura 69 - Gráfico de dor depois do teste	128
Figura 70 - Aumento da atividade no ombro direito	129
Figura 71 - Queda de temperatura nos braços após os testes	129
Figura 72 - Aumento da atividade no antebraço	130
Figura 73 - Alterações funcionais indicativas de dor	131
Figura 74 - Gestos desconfortáveis executados nos testes	132
Figura 75 - Página 1 do formulário para a avaliação rápida do membro superior...	152
Figura 76 - Página 2 do formulário para a avaliação rápida do membro superior...	153
Figura 77 - Questionário Emocional	174
Figura 78 - Questionário de dor com escala de intensidade	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Revisão sistemática com palavras-chave em inglês.....	23
Tabela 2 - Resultado final da revisão sistemática	24
Tabela 3 - Revisão sistemática com palavras-chave em português	24
Tabela 4 - Mobilidade do punho e antebraço (em graus).	28
Tabela 5 - Visão geral das direções das variações de temperatura nas regiões consideradas de interesse em estados emocionais	33
Tabela 6 - Dimensões da usabilidade a partir de diversos autores e a norma ISO...	38
Tabela 7 - Dimensões da usabilidade de produtos de consumo eletrônicos	38
Tabela 8 - Taxonomia dos modelos de usabilidade	40
Tabela 9 - Integração das heurísticas de usabilidade de Nielsen e Jordan	56
Tabela 10 - Heurísticas para interfaces gestuais.....	57
Tabela 11 - Heurísticas de Maïke et al. 2015, Falcão et al. 2015 e Chuan et al. 2015	73
Tabela 12 - Heurísticas selecionadas para o estudo e perguntas guia.....	74
Tabela 13 - Problemas encontradas de acordo com as heurísticas para interfaces gestuais.	100
Tabela 14 - Solução dos problemas no Estudo de Campo I.....	103
Tabela 15 - Etapas para registro no experimento.....	110
Tabela 16 - Estatística Descritiva do Questionário de Estresse	115
Tabela 17 - Estatística descritiva.....	116
Tabela 18 - Teste T de <i>Student</i> para amostra pareada	117
Tabela 19 - Correlação entre as temperaturas do rosto e o estado de estresse relatado (Antes)	118
Tabela 20 - Correlação entre as temperaturas do rosto e o estado de estresse relatado (Final).....	118

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	CONTEXTO DE PESQUISA.....	15
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO	16
1.3	JUSTIFICATIVA	17
1.4	OBJETO DE ESTUDO	18
1.5	HIPÓTESES	19
1.6	OBJETIVOS	19
1.6.1	OBJETIVO GERAL	19
1.6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.7	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1	REVISÃO SISTEMÁTICA.....	23
2.2	ASPECTOS ERGONÔMICOS RELACIONADOS A INTERFACE GESTUAL ..	24
2.2.1	OS MEMBROS SUPERIORES E A INTERFACE GESTUAL	26
2.3	O USO DA TERMOGRAFIA POR INFRAVERMELHO NA INTERFACE GESTUAL.....	29
2.3.1	MENSURAÇÃO EMOCIONAL	32
2.4	ASPECTOS DE USABILIDADE RELACIONADOS A INTERFACE GESTUAL	33
2.4.1	DIMENSÕES DA USABILIDADE	37
2.4.2	MODELOS DE USABILIDADE.....	39
2.5	O DESIGN DE INTERAÇÃO	42
2.5.1	EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	44
2.6	COMPREENDENDO O CONCEITO DE INTERFACE.....	47
2.6.1	NUI (NATURAL USER INTERFACES)	49
2.6.2	A INTERFACE GESTUAL.....	52
3	LEAP MOTION E SCULPTING	61
3.1	DISPOSITIVO DE INTERAÇÃO GESTUAL.....	61
3.2	INTERAÇÃO GESTUAL EM SOFTWARE DE MODELAGEM 3D.....	63
3.3	INTERFACE DO SCULPTING.....	65
3.3.1	DIAGRAMA DA INTERFACE DO SCULPTING	67
3.3.2	DIAGRAMA DE TAREFAS DO SCULPTING.....	68
4	METODOLOGIA DO ESTUDO	71
4.1	DIAGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA.....	72
4.2	AVALIAÇÃO HEURÍSTICA.....	73
4.3	AVALIAÇÃO DE USABILIDADE (TESTE COM USUÁRIOS).....	75
4.3.1	SALA DE TESTE	76
4.3.2	GESTÃO DO CONSTRANGIMENTO	77
4.3.3	DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DE USUÁRIOS	78
4.4	AVALIAÇÃO ERGONÔMICA.....	78

5	ESTUDO DE CAMPO	81
5.1	ESTUDO DE CAMPO I – AVALIAÇÃO HEURÍSTICA	81
5.1.1	PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO.....	83
5.1.2	RESULTADOS.....	99
5.1.3	RECOMENDAÇÕES DOS ESPECIALISTAS	103
5.2	ESTUDO DE CAMPO II – AVALIAÇÃO DE USABILIDADE.....	105
5.2.1	EQUIPAMENTO UTILIZADO.....	105
5.2.2	SALA DO EXPERIMENTO.....	107
5.2.3	DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	109
5.2.4	ETAPAS DO REGISTRO TERMOGRÁFICO.....	110
5.2.5	TESTE COM O USUÁRIO	111
5.2.6	QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO	113
5.2.7	AVALIAÇÃO DO ESTRESSE COM O USO DA TERMOGRAFIA	114
5.3	ESTUDO DE CAMPO III – AVALIAÇÃO ERGONÔMICA COM O AUXÍLIO DA TERMOGRAFIA DIGITAL.....	121
5.3.1	MÉTODO RULA (AVALIAÇÃO RÁPIDA DOS MEMBROS SUPERIORES)	121
5.3.2	ANÁLISE DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS	127
6	CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133
6.1	CONCLUSÕES	133
6.1.1	ESTUDO I – AVALIAÇÃO HEURÍSTICA	133
6.1.2	ESTUDO II - AVALIAÇÃO DE USABILIDADE	134
6.1.3	ESTUDO III - AVALIAÇÃO ERGONÔMICA.....	135
6.2	RECOMENDAÇÕES	136
6.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	140
	REFERÊNCIAS	142
	ANEXOS	151
	ANEXO 1 (Parecer consubstanciado do CEP).....	151
	ANEXO 2 (Formulário Rula)	152
	APÊNDICES	154
	APÊNDICE A – TCLE para o teste de usabilidade	154
	APÊNDICE B – Comentários individual de cada participante	157
	APÊNDICE C - Verbalização - Teste de Usabilidade.....	161
	APÊNDICE D – Questionário de avaliação do Estresse	174
	APÊNDICE E - Questionário de avaliação de dor	175
	APÊNDICE F - Análise das Imagens Térmicas.....	176

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO DE PESQUISA

Constantemente o ser humano procura aperfeiçoar os artefatos que o auxiliam em seu dia-a-dia. A tecnologia tem avançado bastante e as possibilidades são imensas. Produtos novos estão surgindo, as necessidades são criadas e incorporadas no cotidiano das pessoas. Ao mesmo tempo, produtos antigos estão sendo atualizado e as novas formas de interação fazem parte dessas mudanças. Antes, para ligar uma televisão era necessário girar um botão, depois surgiram os controles remotos com botões de pressionar, possibilitando ligar, mudar canais e aumentar o volume a uma certa distância do aparelho. Atualmente, em alguns modelos de TV, podemos ligar o produto com um simples comando de voz, além disso, é possível interagir por meio de gestos para aumentar o volume, mudar de canal, entre outras funções (VITORINO et al., 2016).

Dispositivos como *smartphones*, *tablets* e *videogames* interativos, que há pouco tempo não existiam, atualmente são essenciais, sendo utilizados para realizar tarefas domésticas, de trabalho e entretenimento. Dotados de recursos que fascinam os seus usuários ao primeiro contato, estes artefatos podem ser manipulados através de diversas ações táteis, comandos de voz e reconhecimento de movimentos corporais, entendidos instantaneamente pelo sistema do aparelho. Gestos como apontar e tocar para selecionar um aplicativo; o arrastar de dois dedos sobre a tela (movimento de pinça) para ampliar ou reduzir uma imagem; um comando de voz para efetuar uma chamada telefônica; movimentos corporais para manipular personagens em um *game* são diferentes formas de interação que causam novas experiências, em alguns casos, se aproximando de ações naturais humanas.

A tecnologia gestual é hoje uma das principais novidades, tanto em novos produtos, quanto na atualização de produtos existentes. A aplicação mais conhecida é a *touchscreen*, traduzindo para o português como “tela sensível ao toque”, que é um tipo de interface que necessita que o usuário toque diretamente o dispositivo para interagir com a interface (Saffer, 2009). No entanto, os sensores de reconhecimento de movimentos corporais como *Kinect* e *Leap Motion* estão sendo difundidos e permitem a interação sem contato direto com o produto.

Também conhecidas como *Natural User Interfaces* (NUI), essas interfaces estão cada vez mais sendo aplicadas em artefatos de atividades cotidianas, um avanço que pode facilitar a vida das pessoas. Como informam Soares et al. (2013, p. 269), “...recentes avanços têm demonstrado que a aplicação utilizando as interfaces naturais apresentam uma interface com o usuário mais intuitiva, envolvente e cativante”. Segundo Wigdor e Wixon (2011), essas interfaces podem criar experiências que o usuário tem a sensação de estar interligado com o sistema, algo como uma extensão do seu corpo.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

A popularização dessas novas tecnologias, como a utilização de tela sensível ao toque, sensores de movimento, de reconhecimento facial e de voz, como dito anteriormente, está causando modificações em muitos produtos de consumo. Porém, existem artefatos com diferentes funções e complexidades, e é necessário estudar a possibilidade da aplicação dessas novas formas de interação para identificar a maneira mais adequada para cada situação. Sendo assim, como afirmam Soares et al. (2013), essas novas interfaces exigem novas maneiras de lidar com o produto.

Deste modo, é imprescindível entender as tarefas que serão realizadas e responder uma série de perguntas. Esses questionamentos podem ser: Como ocorria a interação sem essa nova tecnologia? Como essa tecnologia poderá beneficiar os usuários? Essa interação é realmente a adequada? É possível aplicar mais de um tipo de interação? O usuário necessitará de instruções para o uso? (SAFFER, 2009; WIGDOR e WIXON, 2011). Adicionalmente também poderíamos questionar: estas novas formas de interação podem trazer algum tipo de desconforto ou comprometimento físico para o usuário? Para Norman e Nilsen (2010), os gestos formarão uma valiosa adição para o repertório de técnicas de interação, porém é necessário mais tempo para serem mais bem resolvidos, para entender melhor a forma de implantá-los e para desenvolver convenções, de modo que os mesmos gestos, que querem dizer a mesma coisa, possam ser aplicados em sistemas diferentes.

Essas questões podem minimizar problemas de uso e também auxiliar na escolha da tecnologia adequada, sempre tendo como foco as necessidades do usuário. E a conexão de diferentes disciplinas como ergonomia, usabilidade, design de interação

e interface, entre outras, é imprescindível para visualização dos problemas por diferentes ângulos, prevenindo e reduzindo falhas no projeto, em prol de uma interface eficaz, eficiente, satisfatória e prazerosa.

1.3 JUSTIFICATIVA

Norman e Nilsen (2010) afirmam que os sistemas gestuais são um dos caminhos futuros para uma interação mais holística das pessoas com a tecnologia. Em muitos casos, tais sistemas vão melhorar nosso controle, a nossa sensação de autonomia, nossa conveniência e, até mesmo, o nosso deleite. Para isso, os sensores de movimento estão cada vez mais eficientes, possibilitando sua aplicação em diversos artefatos. Saffer (2009) afirma que essas novas formas de interação podem tornar as tarefas mais confortáveis.

Desta forma, para a aplicação dessa inovação nos produtos, é necessário estudar o comportamento humano e as situações que o levam a aplicar cada tipo de gesto. No entanto, conforme Wigdor e Wixon (2011), criar uma experiência que seja autêntica, não basta simplesmente tentarmos imitar o mundo real, devemos criar uma interface que considere o contexto, as metáforas corretas, as indicações visuais, os *feedbacks* e criar uma experiência que seja tão natural para um usuário novato, como para um experiente. Além disso, Saffer (2009) afirma que é necessário questionar se a interface deve ser gestual, isto é, cada interface possui uma necessidade e talvez a gestual não seja adequada. Ou seja, dependendo do artefato uma expressão facial, um comando de voz, um botão, ou mais de um destes combinados, pode ser a alternativa mais apropriada.

Ao mesmo tempo, é imprescindível identificar as falhas que poderão ocorrer durante o uso, prevendo erros e acionamentos indesejados realizados pelo usuário. Situações alertadas por Norman e Nilsen (2010), que podem ser solucionadas através de uma interface bem resolvida, pois a comunicação deve ser competente de ambos os lados. A interface deve informar como ser utilizada e o usuário deve comunicar o que deseja executar, recebendo em seguida o *feedback* da ação que realizou. Rogers et al. (2013) definem esse mecanismo como Informações de *status*, e defendem que devem ser apresentadas de forma simples e em um lugar de destaque na interface.

Os benefícios das aplicações dessas novas tecnologias ainda não são completamente conhecidos. Assim, elas podem ser utilizadas para fins de segurança, de novas experiências sensoriais e de acessibilidade. Porém, é necessário que cada aplicação seja estudada em particular, com auxílio de métodos e ferramentas eficientes.

1.4 OBJETO DE ESTUDO

Esse estudo pretende investigar a usabilidade do Leap Motion, sensor de movimentos das mãos (Fig. 1), como meio de manipulação de um *software* de modelagem 3D. O programa selecionado foi o Sculpting, desenvolvido exclusivamente para o Leap Motion (Fig. 2), onde sua interface é totalmente explorada pelo sensor. Outros *softwares* foram cogitados para esta pesquisa como o Autodesk Maya e o Pixologic Zbrush, que também podem ser manipulados pelo dispositivo, mas não possuem uma integração completa. O Autodesk Maya combina comandos com o Leap Motion, mouse e teclado, sem uma interface gráfica preparada para a interação gestual. O Pixologic Zbrush precisa de uma configuração bastante complexa de todos os comandos de manipulação para poder utilizar o sensor de forma plena, onde usuário iniciante estariam impossibilitados de utilizá-lo. Deste modo, foram descartados. O objeto de estudo será detalhado no capítulo 3.

Figura 2 – Dispositivo Leap Motion



Fonte: Leap Motion (2013)

Figura 1 – Logo do Software Sculpting



Fonte: Leap Motion (2013)

1.5 HIPÓTESES

1ª Hipótese – O *software* Sculpting aliado com o dispositivo de interação gestual Leap Motion não possibilitam aos usuários realizarem a modelagem 3D com eficácia e eficiência.

2ª Hipótese – A termografia digital por infravermelho pode identificar alterações do nível de estresse dos usuários ao utilizar uma interface gestual, podendo auxiliar na investigação da satisfação do usuário em testes de usabilidade.

3ª Hipótese – O uso de interfaces gestuais podem ocasionar problemas musculoesqueléticos em seus usuários e o uso da termografia digital por infravermelho pode auxiliar os métodos de avaliação ergonômica a identificar problemas físicos com o uso dessa interface.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os aspectos ergonômicos e de usabilidade da interface gestual aplicados em *software* de modelagem 3D, utilizando o *software* Sculpting como estudo de caso.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a integração do Leap Motion e o Sculpting de acordo com os métodos da usabilidade, com uma amostra de usuários;
- Examinar as funções atribuídas aos gestos e verificar se estão adequadas ao uso;
- Verificar se a atividade atende aos requisitos ergonômicos;
- Aplicar a termografia como ferramenta para analisar os aspectos físicos e de estresse dos usuários da interface estudada;
- Propor recomendações para o aprimoramento da interface e sugerir padrões que poderão ser replicados em outros *softwares*;

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação segue os padrões e normas proposto pelo Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco (PPGDesign/UFPE). A estrutura dessa pesquisa é dividida em 3 partes.

PARTE I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta parte é dividida em 2 capítulos:

- Capítulo 1 - Introdução, onde estão os elementos iniciais dessa pesquisa. Onde é apresentado o contexto, a problematização e a justificativa desse estudo, assim como o objeto de estudo, objetivos e hipóteses levantadas.
- Capítulo 2 – Referencial Teórico, serão expostas as bases teóricas da pesquisa, os autores relevantes das áreas do estudo, e estes auxiliarão no desenvolvimento da metodologia e na proposta de soluções para os problemas identificados.

PARTE II – OBJETO DE ESTUDO E ESTUDOS DE CAMPO

Esta parte é dividida em 3 capítulo:

- Capítulo 3 – Leap Motion e Sculpting, será detalhado o objeto do estudo, onde produto e interface serão comentados e caracterizados para uma melhor compreensão para a formulação dos testes para avaliação de usabilidade e ergonômica.
- Capítulo 4 – Metodologia do estudo, nessa etapa serão apresentados os métodos para avaliação da ergonomia e usabilidade da interface estudada, de acordo com o referencial teórico, delimitação do tema, objetivo e finalidade da pesquisa.
- Capítulo 5 – Estudo de campo, foram realizados 3 estudos de campo. O primeiro com especialistas na área de usabilidade, a fim de avaliar as heurísticas da usabilidade com foco na interface gestual. O segundo e terceiro estudo, com usuários reais, onde foram realizadas avaliações de usabilidade e ergonômica, auxiliadas pela técnica da termografia por infravermelho tanto para questões físicas e como emocionais dos usuários.

PARTE III – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES

A última parte contém 1 capítulo com 3 subdivisões:

- Nessa etapa apresentamos uma revisão das conclusões de cada estudo de campo, sugerimos recomendações para solucionar os problemas encontrados na interface gestual investigada, indicamos estudos futuros sobre a temática explorada nessa pesquisa e encerramos com as considerações finais.

O próximo capítulo, como já dito anteriormente, contém a base teórica que sustenta esse trabalho, através das principais disciplinas que compreendem a avaliação e o desenvolvimento de interfaces, onde foram destacados os assuntos relevantes para o presente estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O termo design é extenso, segundo Lobach (2000, p. 16), "Ele fica mais específico quando o conceito de design se relaciona com outro conceito, que tenha alguma ascendência sobre ele, que será o objeto do design", a exemplo do design de interação e interface, disciplinas que pretendemos explorar nesse estudo, que tem como objetivo projetar produtos interativos para auxiliar o ser humano em seu cotidiano (ROGERS, 2013). Também trataremos da ergonomia e da usabilidade, que são disciplinas fundamentais para o desenvolvimento de qualquer tipo de interface e que têm uma relação estreita com o design em qualquer um dos seus domínios.

Verificaremos a partir dos conceitos básicos de cada área, que ambas visam objetivos equivalentes e ao mesmo tempo possuem abordagens específicas que se complementam. Iniciaremos com os conceitos e princípios de ergonomia e usabilidade, disciplinas associadas e que trataremos de explicitar as suas semelhanças e diferenciações. Apresentaremos também a termografia por infravermelho, que será associada as essas duas disciplinas como ferramenta complementar para análises físicas e de estresse dos usuários. Em seguida serão apresentadas as definições do design de interação, o conceito de interface e as categorias de interface que abrangem esse estudo, o diagrama abaixo sintetiza a relação das disciplinas para esse estudo (Fig. 3).

Figura 3 - Diagrama de disciplinas



Fonte: Desenvolvido pelo autor

2.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

Para uma melhor organização das informações coletadas, tendo em vista a grande quantidade de dados encontradas sobre os assuntos que envolvem essa pesquisa, foi realizada uma revisão sistemática com o intuito de encontrar pesquisas mais específicas sobre o tema abordado nesse estudo.

Deste modo, traçamos como estratégia de busca através de palavras-chave com maior relação com os objetivos dessa pesquisa, onde foram selecionadas as palavras: *natural user interface* (interface natural do usuário), *gesture* (gesto), *usability* (usabilidade) e *3d modelling* (modelagem 3d). As bases de busca foram selecionadas de acordo com a facilidade de acesso para obtenção dos artigos (Google Acadêmico, Periódicos Capes, Scielo), e bases específicas com publicações na área de interação humano-computador e usabilidade (Springerlink e Sciencedirect). As buscas foram realizadas com palavras-chave em inglês (Tabela 1) e em português (Tabela 2, p. 24).

Após a busca nas bases de dados e composição das tabelas de resultados obtidos contendo as 4 palavras-chave, foi realizada uma filtragem e exclusão de documentos que não possuem relevância para essa pesquisa, através da leitura e análise dos resumos. Posteriormente, quando o mecanismo de busca não apresentava o documento completo (tese, dissertação, artigo, capítulo de livro e livro), foram realizadas outras tentativas para obtenção desses documentos através de pesquisas e solicitações através do site (researchgate.net) ou contato através de e-mail com os autores dos textos. Apesar de encontrar uma boa quantidade de artigos nas bases de dados pesquisadas, após a filtragem por relevância, esse número diminuiu consideravelmente. A ausência dos documentos completos na internet e a falta de retorno de alguns autores ao pedido desses documentos também limitou a quantidade final dos textos completos, totalizando 24 textos completos (Tabela 3, p. 24).

Tabela 1 - Revisão sistemática com palavras-chave em inglês

BASES	Natural User Interface		Gesture		Usability		3D Modelling
Google Acadêmico	6570	E	4230	E	1020	E	32
Periódicos CAPES	311		13		0		0
SpringerLink	722		467		185		32
ScienceDirect	258		156		56		8
SciELO	0		0		0		0
Resultado	7861		4866		1261		72

Fonte: Elaborada pela autor.

Tabela 2 - Revisão sistemática com palavras-chave em português

BASES	Interface Natural do Usuário	E	Gestos	E	Usabilidade	E	Modelagem 3D
Google Acadêmico	27		25		16		1
Periódicos CAPES	0		0		0		0
Resultado	27		25		16		1

Fonte: Elaborada pela autor.

Tabela 3 - Resultado final da revisão sistemática

BASES	Documentos Completos
Google Acadêmico	12
SpringerLink	10
ScienceDirect	2
Resultado	24

Fonte: Elaborada pela autor.

Esses documentos serviram para um melhor entendimento do estado da arte das interfaces que utilizam a interação através de gestos para manipulação de objetos 3D. Conferindo principalmente os métodos que os pesquisadores utilizam para desenvolver e avaliar esses sistemas, verificar se existe uma forma específica ou adaptada para avaliação de interfaces gestuais de *softwares* de modelagem 3D.

2.2 ASPECTOS ERGONÔMICOS RELACIONADOS A INTERFACE GESTUAL

Segundo Lida (2005), existem várias definições de ergonomia, no entanto, em sua totalidade, buscam ressaltar o caráter interdisciplinar e o objeto estudado, que é a interação entre o homem e o trabalho no sistema homem-máquina-ambiente. A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, 2003, p. 3) adota a seguinte definição:

Entende-se por Ergonomia o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar de forma integrada e não dissociada a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas.

Os domínios especializados da ergonomia são: Ergonomia física, cognitiva e organizacional (IIDA, 2005). Suas definições segundo a ABERGO (www.abergo.com.br) são:

Ergonomia Física - está relacionada com às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação a atividade física. Os tópicos relevantes incluem o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde.

Ergonomia Cognitiva - refere-se aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora conforme afetem as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem o estudo da carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem computador, stress e treinamento conforme esses se relacionem a projetos envolvendo seres humanos e sistemas.

Ergonomia Organizacional - concerne à otimização dos sistemas sócio-técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e de processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gerenciamento de recursos de tripulações (CRM - domínio aeronáutico), projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, novos paradigmas do trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, tele-trabalho e gestão da qualidade.

Assim, percebemos que os domínios que estão relacionados com essa pesquisa são os da Ergonomia Física e Cognitiva. No caso da Ergonomia Física, trataremos de verificar questões relacionadas a postura, manuseio, movimentos repetitivos, conforto, principalmente relacionados aos membros superiores e costas. Com relação as questões cognitivas, utilizaremos o apoio da usabilidade para aferir os tópicos relacionados as carga mental, tomadas de decisões, desempenho, interação humano-computador (IHC), estresse, entre outros fatores.

IHC (interação humano-computador) ou HCI (sigla internacional), é uma disciplina interessada no projeto, implementação e avaliação de sistemas computacionais interativos para uso humano, juntamente com os fenômenos que os rodeiam (Hewett et al., 1992). Rogers et al. (2013), consideram que os Fatores Humanos e a Ergonomia têm objetivos semelhantes aos do IHC, com interesse na compreensão das interação humanas e outros elementos do sistema, para otimização do bem-estar humano e o desempenho geral do sistema. Assim, trataremos nesse estudo da área de IHC conexa a ergonomia e a usabilidade, por terem finalidade análogas.

Tanto ergonomia, como design, tem o objetivo de proporcionar a satisfação do usuário, e a aplicação dos princípios ergonômicos no design pode contribuir para a redução de acidentes, risco de mal funcionamento do produto, melhor usabilidade, entre outros fatores (SOARES, 2005).

Soares (2005) confirma que a ergonomia desempenha três papéis no desenvolvimento de produtos, são eles:

- A identificação das necessidades dos usuários;
- A interface do usuário com o produto;
- A aplicação de testes e avaliações de modelos e protótipo

2.2.1 OS MEMBROS SUPERIORES E A INTERFACE GESTUAL

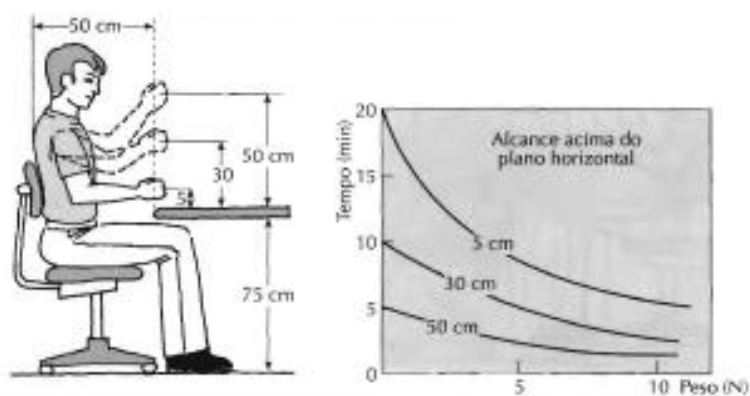
A interação através de gestos para a manipulação de interfaces digitais é um pouco recente, onde problemas relacionados a saúde física dos usuários não possui tantos estudos específicos. Porém, estudos sobre atividades de longa duração com membros superiores elevados são encontradas na literatura de ergonomia física e biomecânica ocupacional. Segundo lida (2005, p. 159):

“A biomecânica ocupacional é uma parte da biomecânica geral, que se ocupa dos movimentos corporais e forças relacionados ao trabalho. Assim, preocupa-se com as interações físicas do trabalhador, com o seu posto de trabalho, máquinas, ferramentas e materiais, visando reduzir os riscos de distúrbios músculo-esqueléticos. Analisa basicamente a questão das posturas corporais no trabalho, a aplicação de forças, bem como as suas consequências.”

O autor ainda alerta que muitos produtos e postos de trabalhos desenvolvidos de forma inadequada podem causar diversos problemas aos usuários e trabalhadores, como: estresses musculares, dores e fadigas. No entanto, podem ser resolvidos com soluções simples, como o aumento ou redução da altura da mesa ou cadeira, pausas no trabalho, entre outras intervenções.

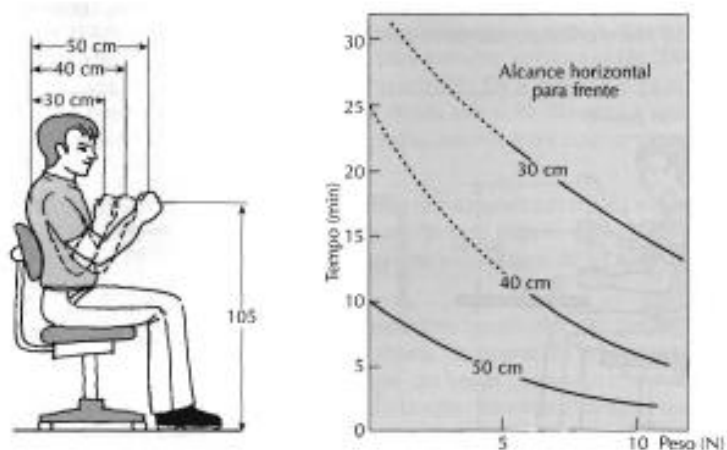
lida (2005) informa que quando posicionamos os braços elevados acima da altura dos ombros (alcance vertical) (Fig. 4, p. 27), os músculos dos ombros e do bíceps fatigam-se rapidamente, podendo surgir dores provocadas por tendinites nos bíceps, principalmente em pessoas idosas, por causa da menor mobilidade nas juntas. O alcance horizontal (Fig. 5, p. 27), principalmente com peso nas mãos, deve ser evitado por longos períodos de tempo, devido à distância entre ombros e o peso. Ao utilizar um apoio para os cotovelos é possível reduzir o esforço sobre os músculos dos ombros, e deste modo, o tempo de duração da posição com os membros superiores elevados pode ser triplicado. Tanto a posição de alcance vertical, quanto de alcance horizontal indicam que o braço não possui resistência para se manter estático, o tempo indicado é de 1 ou 2 minutos.

Figura 4 - Alcance vertical



Fonte: CHAFFIN (1973 Apud IIDA, 2005, p. 177)

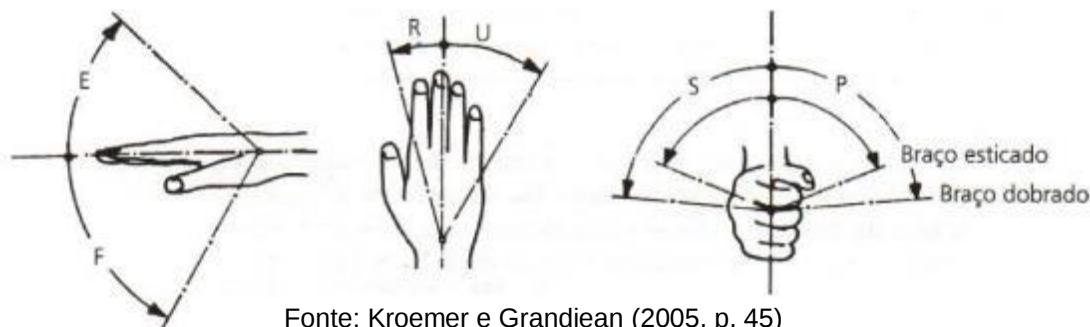
Figura 5 - Alcance horizontal



Fonte: CHAFFIN (1973 Apud IIDA, 2005, p. 178)

De acordo com Kroemer e Grandjean (2005, p. 45) “A faixa de movimentação de um membro é o produto de seu comprimento e ângulo de sua articulação.”, os autores apresentam algumas faixas de movimento angular da mão e antebraço (Fig. 6) e mostram na (Tabela 4, p. 28) a mobilidade em graus de cada direção, de acordo com o sexo e percentil do indivíduo.

Figura 6 - Movimento da mão e punho listados na Tabela 4



Fonte: Kroemer e Grandjean (2005, p. 45)

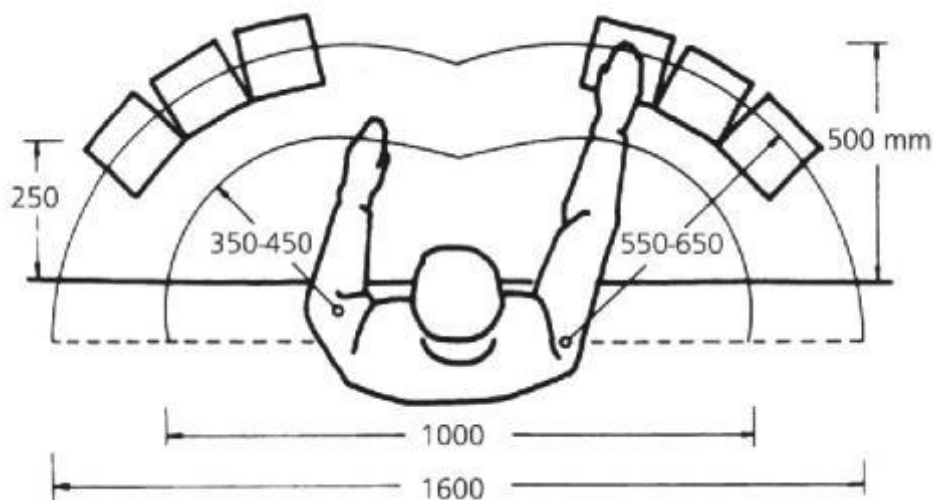
Tabela 2 - Mobilidade do punho e antebraço (em graus).

Direção (veja Figura 3)	Homens			Mulheres		
	5º percentil	50º percentil	95º percentil	5º percentil	50º percentil	95º percentil
Flexão do punho F	51	68	85	54	72	90
Extensão do punho E	47	62	76	57	72	88
Desvio radial do punho (adução) R	14	22	30	17	27	37
Desvio ulnar do punho (abdução) U	22	31	40	19	28	37
Supinação do antebraço S	86	108	135	87	109	130
Pronação do antebraço P	43	65	87	63	81	99

Fonte: Kroemer et al (1997 Apud KROEMER e GRANDJEAN, 2005, p. 46)

Kroemer e Grandjean (2005) mostram os espaços de preensão e de trabalho sobre a superfície da mesa (Fig. 7), os valores utilizados consideram o percentil 5, deste modo, abrangem homens e mulheres com percentis menores. A distância de preensão é à medida entre ombro-mão preênsil, e a distância de trabalho corresponde à medida cotovelo-mão preênsil. É recomendado que todo material de trabalho esteja distribuído nesse espaço, porém, movimento eventuais de 700 a 800 mm não provocam danos.

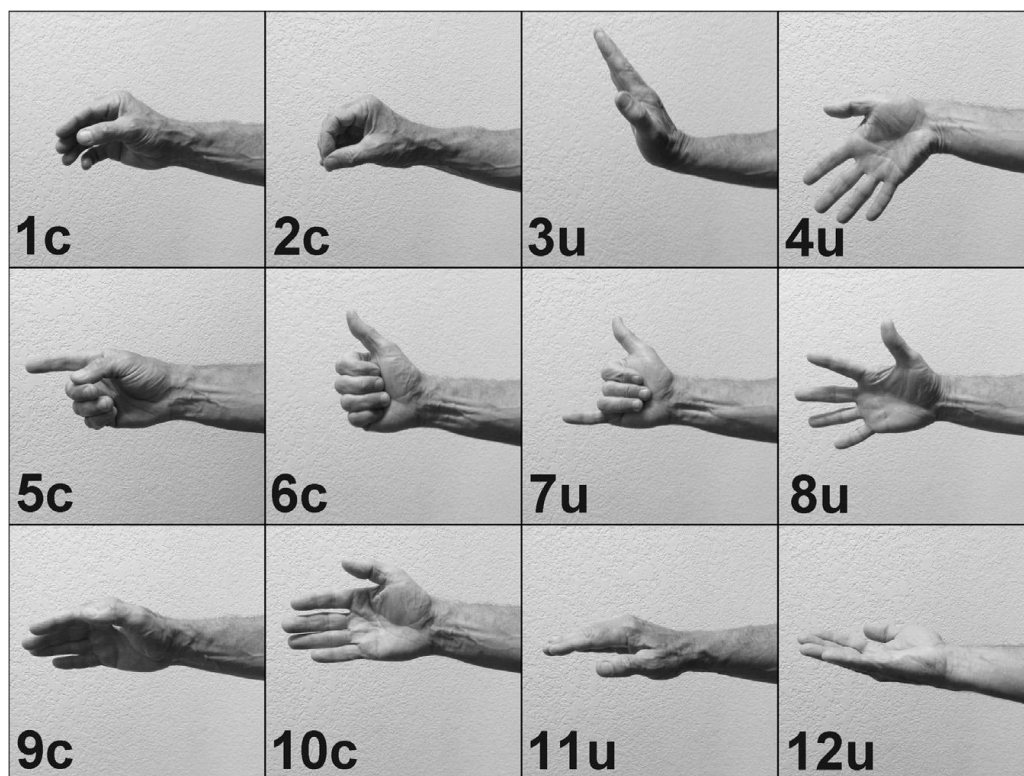
Figura 7 – Arco horizontal de preensão e área de trabalho na altura de uma mesa de trabalho



Fonte: KROEMER e GRANDJEAN, 2005, p. 58

O estudo de Rempel et al. (2014) analisou os gestos realizados por interpretes da linguagem de sinais e identificou que certos gestos são mais confortáveis que outros (Fig. 8, p. 29), os gestos 1c, 2c, 5c, 6c, 9c e 10 c são considerados mais confortáveis e os gestos 3u, 4u, 7u, 8u, 11u e 12u são considerados menos confortáveis.

Figura 8 - Gestos confortáveis “C” e desconfortáveis “U”



Fonte: Rempel et al (2014).

Assim, trataremos de verificar na análise de usabilidade, essas particularidades da ergonomia física, relacionadas ao movimento dos membros superiores e os gestos das mãos, para recomendar os mais adequados para a preservação da saúde dos usuários.

2.3 O USO DA TERMOGRAFIA POR INFRAVERMELHO NA INTERFACE GESTUAL

A termografia é o método não invasivo que permite a captação de imagens de calor (termogramas), que não são visíveis ao olho humano, através de uma câmera termográfica infravermelha (Fig. 9, p. 30). Todos os objetos emitem radiação infravermelha, e a intensidade dessa radiação depende de dois fatores: temperatura do objeto e capacidade do objeto de emitir radiação, conhecida por emissividade. A termografia foi criada em 1960, no entanto, foi na década de 1990 que surgiram os atuais sensores infravermelhos de alta sensibilidade (BRIOSCHI et al., 2003; MENDONÇA, 2005).

Figura 9 - Câmeras termográficas



Fonte: Flir (2017)

O ser humano é homeotérmico, ou seja, tem a capacidade de manter a temperatura do corpo relativamente constante. É um fenômeno complexo e esse calor para ser regulado deve ser perdido para o ambiente. A pele é o órgão de interface entre a produção de calor e o ambiente, e constantemente ajusta o equilíbrio entre as condições internas e externas. Esse fenômeno de controle de transferência de calor é denominado como termorregulação e depende do sistema nervoso autônomo para funcionar. (BRIOSCHI et al., 2003).

O método da termografia é utilizada em diversas áreas como medicina, engenharia, esporte, indústria, entre outras. Estudos confirmam que pode ser utilizada para inspeção como a verificação da estrutura de prédios, encanação, fiação elétrica, máquinas, e para diagnósticos de doença em órgãos, ossos, musculatura, etc. (BARROS, 2016). Marçal et al. (2016) informa que a termografia pode ser um bom instrumento para fornecer indicadores quantitativos e fisiológicos, evitando deste modo variáveis subjetivas. No entanto, também existem estudos que comprovam a eficiência da termografia no estudo de condições psicofisiológicas, que visam avaliar condições de excitações emocionais como estresse, medo, excitação sexual, entre outras, através da captação de imagens térmicas da face (MERLA e ROMANI, 2007).

No campo do design, também podemos verificar estudos que comprovam a sua eficiência e potencial para a verificação da relação física e emocional dos usuários com os produtos. É possível utilizar a termografia na análise ergonômica para a prevenção de lesões e doenças, e recomenda-se o seu uso para complementar outros métodos de avaliações ergonômicas tradicionais (PADILHA, 2013). Também pode ser utilizada para a medição da carga cognitiva e mudança de estado afetivo durante a interação usuário-produto (JENKINS et al., 2009). Em um estudo sobre avaliação de produtos de consumo Barros et al. (2016) utilizou a termografia para analisar a satisfação do usuário e comprovou que esse método é competente, e recomenda o método aliado com eletroencefalografia e rastreamento ocular para avaliação de produtos de consumo.

Deste modo, observamos que é um método eficiente, comprovado e que tem um potencial amplo para a área de design, podendo ser utilizado para avaliação da ergonomia física e cognitiva dos usuários durante o uso do artefato, sem a interferência direta que os outros métodos de avaliação podem ocasionar, como o uso de luvas e roupas especiais, podendo ser utilizado mesmo em tarefas como maior movimentação física do usuário.

O corpo humano exibe uma simetria térmica após as regiões de interesse do estudo serem expostas a um ambiente de temperatura constante. No entanto, quando existe qualquer assimetria entre os lados do corpo correspondente, isso permite detectar alterações neurovasculares, processos inflamatórios, fraturas de estresses, doenças reumáticas, tumores de tireoide, paratireoide, melanomas e mama, entre outros problemas como o estudo da dor, para averiguar a sua presença de forma objetiva, sendo possível evidenciar diversos tipos de dores. Por isso, a avaliação térmica cutânea padronizada internacionalmente sempre é realizada comparando as metades correspondentes (dimídios) do corpo humano. (BRIOSCHI et al., 2011; DOS SANTOS et al., 2014).

Para a realização dos testes serão seguidas algumas recomendações sugeridas por Brioschi et al. (2011), são elas:

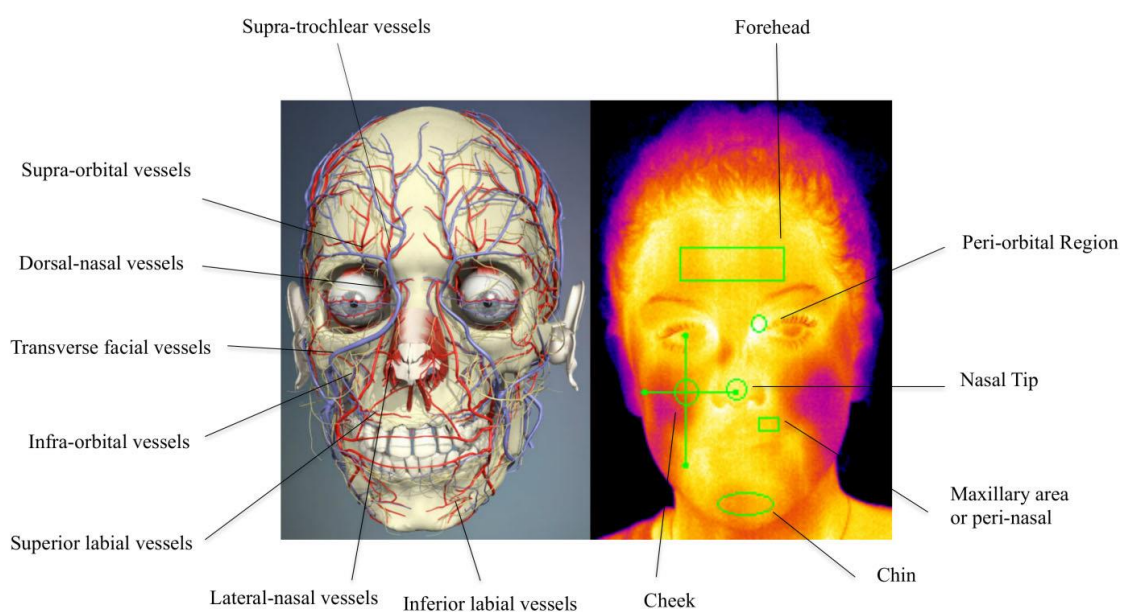
- A temperatura do local deve ser mantida constante em 22° C, umidade do ar em 55% e velocidade do ar menor que 0,2 m/s;

- A parte do corpo do voluntário a ser registrada deverá estar despida;
- O voluntário deverá esperar 15 minutos para estabilizar a temperatura do corpo com o clima do local;
- A câmera deverá estar posicionada e ajustada a linha mediana da região de interesse a ser avaliada;
- De preferência a sala não deve ter janelas para evitar a luz do sol e as lâmpadas devem ser fluorescentes.

2.3.1 MENSURAÇÃO EMOCIONAL

Ioannou et al. (2014) afirmam, que existem diversos estudos envolvendo emoções humanas associados a termografia. Em geral são utilizadas para verificar a resposta de emboscada, empatia, culpa, vergonha, excitação sexual, estresse, medo, ansiedade, dor e alegria. Na maioria das vezes as áreas estudadas estão localizadas na face, como ponta do nariz ou nariz, os vasos periorbitários e supra-orbitais da face, geralmente associados ao músculo ondulador, à frente e ao orbicularis oculi (ao redor dos olhos), bem como a área maxilar ou superior do lábio (perinasal), (Fig. 10).

Figura 10 – Representação vascular dos grandes vasos que afetam a temperatura subcutânea da face e imagem térmica infravermelha capturada



Fonte: Ioannou (2013 apud BERKOVITZ et al, 2013)

De acordo com os autores, a resposta da pessoa ao estímulo emocional pode aumentar ou diminuir nessas áreas do rosto. A Tabela 5 apresenta um resumo do que acontece em cada região, de acordo com o tipo de emoção sentida. As setas representam o aumento (seta para cima) ou diminuição (seta para baixo) da temperatura nas regiões consideradas de interesse em estados emocionais.

Tabela 3 – Visão geral das direções das variações de temperatura nas regiões consideradas de interesse em estados emocionais

Emoções								
	Estresse	Medo	Assustado	Excitação Sexual	Ansiedade	Alegria	Dor	Culpa
Regiões								
Nariz	↓	↓		↑		↓		↓
Bochecha			↓					
Periorbital			↑	↑	↑			
Supraorbital			↑		↑			
Testa	↓↑	↓		↑	↑		↓	
Maxilar	↓	↓	↓				↓	↓
Carótida do Pescoço			↑					
Nariz	↓							
Cauda		↓					↓	
Dedos/Palmas		↓					↓	
Lábios/Boca				↑				

Fonte: Ioannou (2013)

Jenkins et al. (2009), afirmam que a exploração de imagens térmicas na análise da interação humana com produtos é mais aplicada ao nível físico, onde há uma ampla aplicação da termografia em pesquisas médicas e ergonômicas para analisar condições físicas. No entanto, existem estudos que começam a explorar o potencial da termografia por infravermelho como um método de monitoramento de níveis de frustração durante a interação humano-computador (Puri et al., 2005).

2.4 ASPECTOS DE USABILIDADE RELACIONADOS A INTERFACE GESTUAL

A definição de usabilidade apresentada na ISO 9241-11 (1998), a define como: “Medida em que um sistema, produto ou serviço pode ser usado por usuários específicos para atingir metas especificadas com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico.”

Segundo Bevan et al. (2016), a nova versão da ISO 9241-11 mantém esse conceito, porém, o conteúdo foi estendido para abordagens atuais de usabilidade e experiência do usuário, incluindo metas para a obtenção de resultados pessoais, tais como entretenimento e desenvolvimento pessoal, além de reconhecer que os usuários podem ter vários objetivos interligados. A nova definição de eficácia explora a exatidão, integridade e falta de consequências negativas para que os usuário consigam atingir um objetivo específico. Essa ausência de consequências negativas

podem estar relacionadas a danos econômicos, de saúde, ao meio, entre outros. Também é salientado que o sucesso objetivo e perceptivo devem ser entendidos pelo usuário para não os confundir e fazer com que repitam uma ação que já concluíram, resultando em ações duplicadas. Com relação a satisfação do usuário, ela é observada em três aspectos, que são: atitudes positivas, emoção e conforto, que se relacionam com respostas cognitivas, afetivas e psicomotoras do indivíduo. Também é levada em consideração a ampla aplicabilidade dos aspectos de uso, onde é considerada a importância de usuários novatos aprenderem a utilizar um novo sistema, o uso regular, a acessibilidade e a possibilidade de manutenção, para que o sistema possa ser eficaz, eficiente e satisfatório.

lida (2005, p. 320) define usabilidade como:

... facilidade e comodidade no uso dos produtos, tanto no ambiente doméstico como no profissional. Os produtos devem ser "amigáveis", fáceis de entender, fáceis de operar e pouco sensíveis a erros... A usabilidade relaciona-se com o conforto, mas também com a eficiência dos produtos.

Ergonomia e usabilidade são disciplinas adjuntas e que serão exploradas nessa pesquisa de modo que se complementem. No entanto, apesar de terem definições que se assemelham, é preciso distinguir que a ergonomia trata da qualidade da adaptação de um artefato a seu usuário e a tarefa realizada por ele, enquanto a usabilidade está preocupada com o momento da interação na qual o usuário busca alcançar seus objetivos, caracterizada pelo nível de eficácia, eficiência e satisfação alcançada pelo usuário durante o uso (Cybis et al., 2015). Segundo o Cybis et al. (2015, p. 242), esses níveis podem ser aferidos das seguintes formas:

- Eficácia – É medida pela quantidade e pela qualidade de objetivos alcançados pelo usuário em uma atividade com o sistema;
- Eficiência – É medida pela quantidade de recursos (por exemplo, tempo, esforço físico e cognitivo) empregados pelo usuário para a obtenção de seus objetivos em sua atividade com o sistema;
- Satisfação – É a medida do contentamento subjetivo dos usuários com o uso do sistema para realizar a sua atividade.

Tullis e Albert (2008) expõem que a usabilidade pode causar um forte impacto na sociedade, como salvar vidas, empresas falidas, influenciar em decisões importantes,

etc. Os autores alertam que a crescente evolução de tecnologias não significa necessariamente que as coisas estão ficando mais fáceis de usar, e afirmam que o oposto é o que geralmente ocorre, ao menos que se presta atenção na experiência do usuário. A medida que a tecnologia cresce é importante que seja dada maior atenção as métricas da usabilidade no processo de desenvolvimento, onde o delineamento do processo seja mais centrado no usuário.

A usabilidade possui diversos métodos, tendo basicamente objetivo de realizar testes em determinado produto/interface, a fim de avaliar a sua usabilidade, como a Avaliação Heurística, Percurso Cognitivo, Checklist, Teste de Usabilidade, Percurso Pluralístico, Modelo de GOMS, entre outros (DALFORNO, 2012).

Rogers et al. (2013) propõem que a usabilidade tende a assegurar que os produtos interativos sejam fáceis de aprender a usar, eficazes e agradáveis, na perspectiva do usuário, implicando na otimização das interações de pessoas com os produtos interativos, e permitindo a realização de suas atividades, seja no trabalho, na escola ou no cotidiano. Os autores apresentam a divisão da usabilidade nas seguintes metas:

- Eficácia - Ser eficaz no uso.
- Eficiência - Ser eficiente no uso.
- Segurança - Ser seguro no uso.
- Utilidade - Ter boa utilidade.
- *Learnability* - Ser fácil de aprender.
- *Memorability* - Ser fácil de lembrar como usar.

Rogers et al. (2013, p. 22), sobre as metas de usabilidade, confirmam que:

Esses critérios podem fornecer indicadores quantitativos sobre o grau em que a produtividade aumentou ou como o trabalho, o treinamento ou a aprendizagem foram melhorados. Eles também são úteis para aferir em que medida produtos pessoais, públicos e caseiros apoiam o lazer e as atividades de coleta de informações.

No entanto, Rogers et al. (2013) afirmam que as metas de usabilidade avaliam a utilidade e a produtividade do sistema, cabendo às metas da experiência do usuário considerar a interação sob a perspectiva do usuário, explorando experiências emocionais e sensoriais, essas metas serão apresentadas no tópico sobre experiência do usuário. Ou seja, segundo Ferreira et al. (2016) a usabilidade explora aspectos

pragmáticos (eficácia e eficiência), enquanto a experiência do usuário explora aspectos hedônicos (satisfação, prazer, emoção, etc.).

Jordan (1998) apresenta alguns princípios para melhorar a usabilidade, são eles:

- Evidência - A forma do produto deve indicar de forma clara qual a sua função e modo de operação.
- Consistência - As operação análogas devem ser usadas de forma semelhante.
- Capacidade - A capacidade de cada usuário deve ser respeitada.
- Compatibilidade - As expectativas dos usuários devem ser atendidas de maneira compatível com seu repertório.
- Prevenção e correção de erros - O produtos devem prevenir o uso errado, e quando eles ocorrerem, devem admitir uma correção fácil e rápida.
- Realimentação - Os produtos devem dar um retorno ao seus usuários, conforme a suas ações.

Jakob Nielsen e Rolf Molich propuseram no início da década de 1990 um método de avaliação no qual avaliadores examinam uma interface e identificam problemas com base em alguns princípios gerais do bom projeto de interface, os princípios heurísticos, que posteriormente foram atualizados por Jakob Nielsen (Moraes, 2002). Os 10 princípios heurísticos propostos por Nielsen (1995) são:

- Visibilidade do status do sistema – O sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, através de *feedback* apropriado num prazo razoável.
- Equivalência entre sistema e o mundo real – O sistema deve falar a linguagem dos usuários, com palavras, frases e conceitos familiares para o usuário, ao invés de termos orientados ao sistema. Seguindo as convenções do mundo real, fazendo a informação aparecer em uma ordem natural e lógica.
- Controle do usuário e liberdade – Os usuários costumam escolher as funções do sistema por engano e precisam de mensagens claras como "saída de emergência" para deixar o estado indesejado sem ter que passar por um diálogo alargado. Suporte desfazer e refazer.
- Consistência e padrões – Os usuários não devem ter que se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. Siga as convenções de plataforma.
- Prevenção de erro – Ainda melhor do que boas mensagens de erro é um projeto cuidadoso que impede que um problema ocorra em primeiro lugar. Quer eliminar

as condições passíveis de erros ou verificar para eles e os usuários atuais com uma opção de confirmação antes de se comprometer com a ação.

- Reconhecer ao invés de relembrar – Minimizar a carga de memória do usuário, fazendo objetos, ações e opções visíveis. O usuário não deve ter que se lembrar de informações a partir de uma parte do diálogo para outro. Instruções para a utilização do sistema deve ser visível ou facilmente recuperáveis sempre que adequado.
- Flexibilidade e eficiência de uso – Aceleradores, invisíveis pelo usuário iniciante, muitas vezes podem acelerar a interação para o usuário experiente tal que o sistema pode servir para ambos os usuários inexperientes e experientes. Permitir que usuários possa adequar as ações frequentes.
- Estética e design minimalista – Diálogos não devem conter informações que é irrelevante ou raramente necessária. Cada unidade de informação extra em um diálogo compete com as unidades de informação relevantes e diminui sua visibilidade relativa.
- Auxiliar usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar ações erradas – Mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos), indicar com precisão o problema e construtivamente sugerir uma solução.
- Ajuda e documentação – Mesmo que seja melhor se o sistema pode ser usado sem documentação, pode ser necessário para fornecer ajuda e documentação. Qualquer informação deve ser fácil de pesquisar, focada na tarefa do usuário, a lista de medidas concretas a realizar, e não ser muito grande.

Com surgimento de novas tecnologias e produtos, os métodos de avaliação também foram ajustados de acordo com o objeto de estudo. Deste modo, apresentaremos nos próximos capítulos adaptações para avaliação da usabilidade para NUI e interfaces gestuais. No entanto, vale salientar que se baseiam nos autores citados anteriormente, os novos métodos apenas acrescentam as particularidades necessárias para avaliar melhor o objeto de estudo.

2.4.1 DIMENSÕES DA USABILIDADE

Segundo Falcão e Soares (2013), inicialmente a usabilidade era medida através de apenas duas medidas, eficácia e eficiência, posteriormente foram decompostas em várias dimensões por diversos autores. A Tabela 6 (p. 38) desenvolvida por Falcão e Soares (2016) resume as dimensões de autores relevantes e a norma ISO, essas são divididas entre dimensões objetivas e subjetivas, e utilizadas para avaliação de *software*.

Tabela 4 - Dimensões da usabilidade a partir de diversos autores e a norma ISO

Schakel (1991)	Nielsen (1993)	Abran et al. (2003)	Quesenbery (2003)	ISO 9241-11 (2006)	Rubin e Chisnell (2008)
Dimensões Objetivas					
Eficácia		Eficácia	Eficaz	Eficácia	Eficaz
	Eficiência	Eficiência	Eficiente	Eficiência	Eficiente
Facilidade de aprendizado	Facilidade de aprendizado	Facilidade de aprendizado	Fácil de Aprender		
					Utilizável
Flexibilidade					
	Poucos erros		Tolerância ao erro		
					Acessibilidade
		Segurança			
Dimensões Subjetivas					
	Satisfação	Satisfação	Engajamento	Satisfação	Satisfação
Atitude					

Fonte: FALCÃO E SOARES, 2013

No entanto, Falcão e Soares (2013) também apresentam as dimensões da usabilidade adaptadas para produtos de consumo eletrônicos (Tabela 7) desenvolvidas por (Kim e Han, 2008). Os autores informam que nem todas essas dimensões são relevantes para determinadas avaliações, e que dimensões adicionais podem ser necessárias, dependendo das características de um determinado produto.

Tabela 5 - Dimensões da usabilidade de produtos de consumo eletrônicos

Dimensões da Usabilidade	Descrição
Simplicidade	As interfaces e métodos de interação de um produto devem ser simples, claras e intuitivamente reconhecidas.
Consistência	As interfaces e métodos de interação devem ser consistentes dentro do produto e entre produtos da mesma família.
Modelagem	Cada interface e método de interação deve ter apenas um significado e um comportamento.
Lócus de controle	Deve ser dado ao usuário autoridade para controlar todas as funções e a aparência da interface do usuário.
Direção	Todas as operações devem ser projetadas para proporcionar ao usuário a sensação de manipulação direta.
Feedback	O status do produto e as consequências de qualquer operação do usuário devem ser fornecidas de forma clara e imediata.
Prestatividade	Qualquer informação útil que um usuário possa se referir deve ser fornecida sempre que for preciso.
Perdão	Quando um erro é reconhecido, deve ser oferecida ao usuário a possibilidade de tomar ações corretivas.
Prevenção de erros	As interfaces e métodos de interação devem ser projetados para impedir erros.
Adaptabilidade	Modificações da interface devem encaixar diferentes usuários e condições de acordo com a experiência, conhecimento e preferências dos mesmos.

Acessibilidade	Quaisquer funções e interfaces devem ser facilmente acessíveis.
Capacidade de aprendizado	O esforço necessário para o aprendizado das interfaces e os métodos de interação deve ser pequeno.
Memorização	As interfaces e os métodos de interação devem ser fáceis de lembrar.
Familiaridade	Interfaces e métodos de interação familiares devem ser adotados para que o usuário possa aplicar sua experiência anterior.
Previsibilidade	O método de interação e os significados das interfaces devem estar de acordo com as expectativas do usuário.
Informativa	As interfaces apresentadas ao usuário devem ser fáceis e claras para entender.
Eficácia	Todas as funções de uso devem ser implementadas em um produto.
Eficiência	Um produto deve ser projetado para permitir que um usuário execute funções de forma rápida, fácil e econômica.

Fonte: Kim e Han (2008 Apud FALCÃO E SOARES, 2013)

2.4.2 MODELOS DE USABILIDADE

Falcão e Soares (2013) afirmam que o modelo proposto por Leventhal e Barnes (2008) é uma tentativa de juntar os fatores mais importantes que foram considerados nos modelos de Eason (1984), Shaker (1991) e Nielsen (1993) (Tabela 8, p. 40). Esse modelo híbrido, assume que o número de variáveis colocadas juntas determinarão o quanto a interface é boa. O modelo proposto foi desenvolvido principalmente para análise de *software* e *websites*.

Nos modelos de Shaker e Nielsen é possível identificar o número de dimensões que contribuem para usabilidade, enquanto o modelo de Eason, a abordagem é diferente, onde as características das dimensões – usuário, sistema e tarefa – são variáveis independentes, a interação dessas três dimensões influenciará no resultado da usabilidade. No modelo de Eason não se pode medir usabilidade sem considerar o usuário e sua tarefa alvo, uma das grandes contribuições no modelo proposto pelo autor (Tabela 8, p. 40).

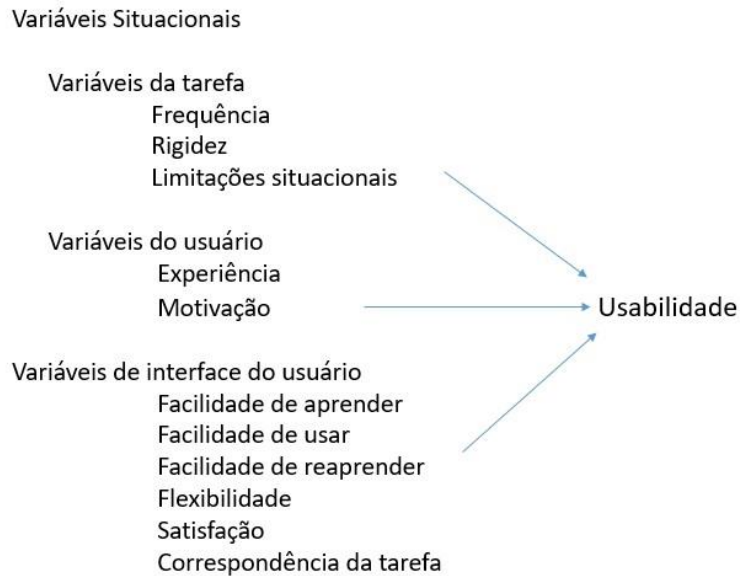
Tabela 6 - Taxonomia dos modelos de usabilidade

MODELO	DIMENSÕES		DEFINIÇÃO
Modelo de Eason (1984)	Tarefa	Frequência	Extensão em que uma tarefa é modificável.
		Abertura	Número de vezes que uma tarefa é realizada pelo usuário.
	Usuário	Conhecimento	O conhecimento que o usuário aplica na tarefa. Este deve ser apropriado ou não.
		Motivação	Como determinou ao usuário completar a tarefa.
		Critério	A habilidade do usuário em não escolher usar alguma parte do sistema.
	Sistema	Fácil de aprender	O esforço requerido para entender e operar um sistema não familiar.
		Fácil de usar	O esforço requerido para operar um sistema uma vez que é entendido e dominado pelo usuário.
		Correspondência da tarefa	A extensão que cada informação e funções que um sistema fornece correspondem às necessidades do usuário para uma determinada tarefa.
Modelo de Shackel (1991)	Eficácia		É descrita pelo intervalo da tarefa que deve ser melhor do que o nível de desempenho exigido, assim como uma percentagem específica de um intervalo de usuários alvo dentro de uma gama específica do ambiente de uso.
	Facilidade de aprendizado		Corresponde ao tempo entre o treinamento dos usuários e suporte da instalação do sistema, incluindo o tempo de reaprendizado.
	Flexibilidade		Corresponde a permissão de alguma variação de percentual especificado na tarefa e/ou no ambiente além do que foi especificado primeiramente.
	Atitude		Corresponde aos níveis aceitáveis de custo humano em termos de cansaço, desconforto, frustração e esforço pessoal.
Modelo de Nielsen (1993)	Facilidade de aprendizado		O sistema deve ser fácil de aprender para que o usuário, mesmo não tendo experiência, possa rapidamente começar a obter resultados satisfatórios do trabalho realizado.
	Eficiência		Está diretamente relacionada com a produtividade do sistema, de modo que uma vez que o usuário tenha aprendido o sistema, seja possível uma alta produtividade.
	Facilidade de memorizar		O sistema deve ser fácil de lembrar, de forma que o usuário ocasional não tenha que aprender tudo de novo sobre o sistema após algum período sem tê-lo usado.
	Poucos erros		O sistema deve ter uma baixa taxa de erros, de modo que os usuários cometam poucos erros durante o uso do sistema, e assim que erros sejam cometidos, estes possam ser corrigidos de forma simples e rápida. Além disso, erros catastróficos não devem ocorrer.
	Satisfação		O sistema deve permitir uma interação agradável, para que os usuários estejam subjetivamente satisfeitos ao utilizá-lo.

Fonte: Falcão e Soares (2013)

O modelo de Leventhal e Barnes possui a divisão em duas variáveis: variáveis situacionais e variáveis de interface do usuário (Fig. 11, p. 41).

Figura 11 - Modelo de usabilidade de Leventhal e Barnes



Fonte: Leventhal e Barnes (2008, p. 36)

As definições dessas variáveis são:

Variáveis da tarefa:

- Frequência – Quantidade de vezes que o usuário utiliza o sistema está relacionada com o seu nível conhecimento sobre o sistema;
- Rigidez – O número de passos que o usuário utiliza o sistema e o número de ações disponíveis define a rigidez de um sistema;
- Limitações situacionais: São barreiras utilizadas para bloquear ações indesejadas, porém, podem causar o impedimento da execução completa da tarefa dependendo da finalidade da interface.

Variáveis do usuário

- Experiência do usuário – A interface deve prever os diferentes níveis de experiência dos usuários. Usuários mais experientes necessitam de mais liberdade e flexibilidade. Usuários iniciantes necessitam de instruções;
- Motivação – A motivação durante o uso pode influenciar na usabilidade da interface. Usuário mais motivados estão mais dispostos a completar tarefas mais difíceis.

Variáveis da interface com o usuário:

- Facilidade de aprender – O quanto a interface é fácil de aprender para usuários iniciantes;
- Facilidade de usar – Refere-se a facilidade de utilizar a interface por usuários que já utilizam o sistema.
- Facilidade de reaprender – Refere-se a como a interface é fácil de ser reaprendida, quando o usuário para de utilizar o sistema por um determinado tempo;
- Flexibilidade - Está relacionada a capacidade da interface de suportar padrões de interação não previstos;
- Satisfação - Uma interface fácil de utilizar e de aprender provavelmente é satisfatória, porém, outros fatores também influenciam essa variável;
- Correspondência da tarefa – A boa correspondência entre as tarefas realizadas na interface e referências do mundo real auxiliam o usuário a entender melhor como utilizar a interface.

2.5 O DESIGN DE INTERAÇÃO

Rogers et al. (2013, p. 8) entendem design de interação como: "Projetar produtos interativos para apoiar o modo como as pessoas se comunicam e interagem em seus cotidianos, seja em casa ou no trabalho", ou seja "...criar experiências que melhorem e ampliem a maneira como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem." O design de interação se preocupa em desenvolver produtos interativos que sejam fáceis de usar, fáceis de aprender, eficazes e agradáveis. Um dos principais objetivos dessa disciplina é reduzir os aspectos negativos da experiência do usuário, como frustração e aborrecimento, e ao mesmo tempo aprimorar os aspectos positivos, como divertimento e compromisso (ROGERS et al., 2013).

Existem quatro tipos de interação, que podem se sobrepor, onde o mesmo sistema pode possuir mais de uma variação, que são:

- Instrução - Onde o usuário emite instruções para o sistema, através de comandos, selecionando opções no menu, comando de voz, gesticulando, pressionando botões ou uma combinação de teclas de função.

- Conversação – Tipo de interação que o usuário têm um diálogo com um sistema, através de perguntas e respostas via texto ou voz.
- Manipulação – Estilo que o usuário pode interagir com os objetos em um espaço virtual ou físico, podendo manipulá-lo, abrindo, segurando, fechando, entre outras formas.
- Exploração – Interação onde o usuário pode se mover por um ambiente virtual (mundos 3D, realidade aumentada ou realidade virtual) ou espaço físico.

Segundo Neves et al. (2017), o design de interação é o segmento do design que lida com o projeto da interação do ser humano com alguma tipo de artefato. Os autores afirmam que boa parte dos dispositivos interativos existentes reúnem interface física e digital no mesmo produto, a exemplo das smart tv's, caixas eletrônicos, smartphones, entre outros produtos do nosso dia-a-dia.

Segundo Rogers et al. (2013), os princípios de design, mais comuns, que são utilizados no design de interação, são:

- Visibilidade - As funções devem estar visíveis aos usuários, facilitando o uso.
- *Feedback* - O retorno da informação a respeito de que ação foi realizada, permitindo a pessoa a continuar a atividade.
- Restrições – Delimitar os tipos de interação que o usuário pode realizar em um determinado momento.
- Consistência – Interfaces que tenham operações semelhantes e utilizem elementos semelhantes para realização de tarefas semelhantes.
- *Affordance*: Atributo de um artefato que permite as pessoas saberem como utilizaram. Algo óbvio, intuitivo, que seja fácil de saber interagir com ele.

Os mesmos autores destacam que as atividades básicas para o processo de design de interação são:

- Identificar necessidades e estabelecer requisitos, onde busca se conhecer os usuários-alvo e levantar dados sobre suas necessidades;
- Desenvolver designs que vão de encontro a estes requisitos, onde surgem as ideias que atendam aos requisitos e se produz um modelo conceitual para o produto;

- Construir versões interativas de maneira que possam ser transmitidas aos outros e apreciadas;
- Avaliá-las, medir sua aceitabilidade e usabilidade.

Rogers et al. (2013) consideram a disciplina como a peça fundamental para todas as outras que se preocupam com a pesquisa e projeto de sistemas computacionais (Fig. 12). Deste modo, sendo a interseção ou ponto central entre as mais variadas áreas do conhecimento que contribuem no processo de desenvolvimento da interação (NEVES et al., 2013).

Figura 12 - Relação das disciplinas acadêmicas, práticas de design e campos interdisciplinares que abordam o design de interação



Fonte: Rogers et al (2013, p. 10)

Deste modo, observamos que o design de interação ampara esta pesquisa na solução dos problemas encontrados nas avaliações heurística, de usabilidade e ergonômica, onde usamos os princípios de design para propor melhorias da interface através das recomendações.

2.5.1 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

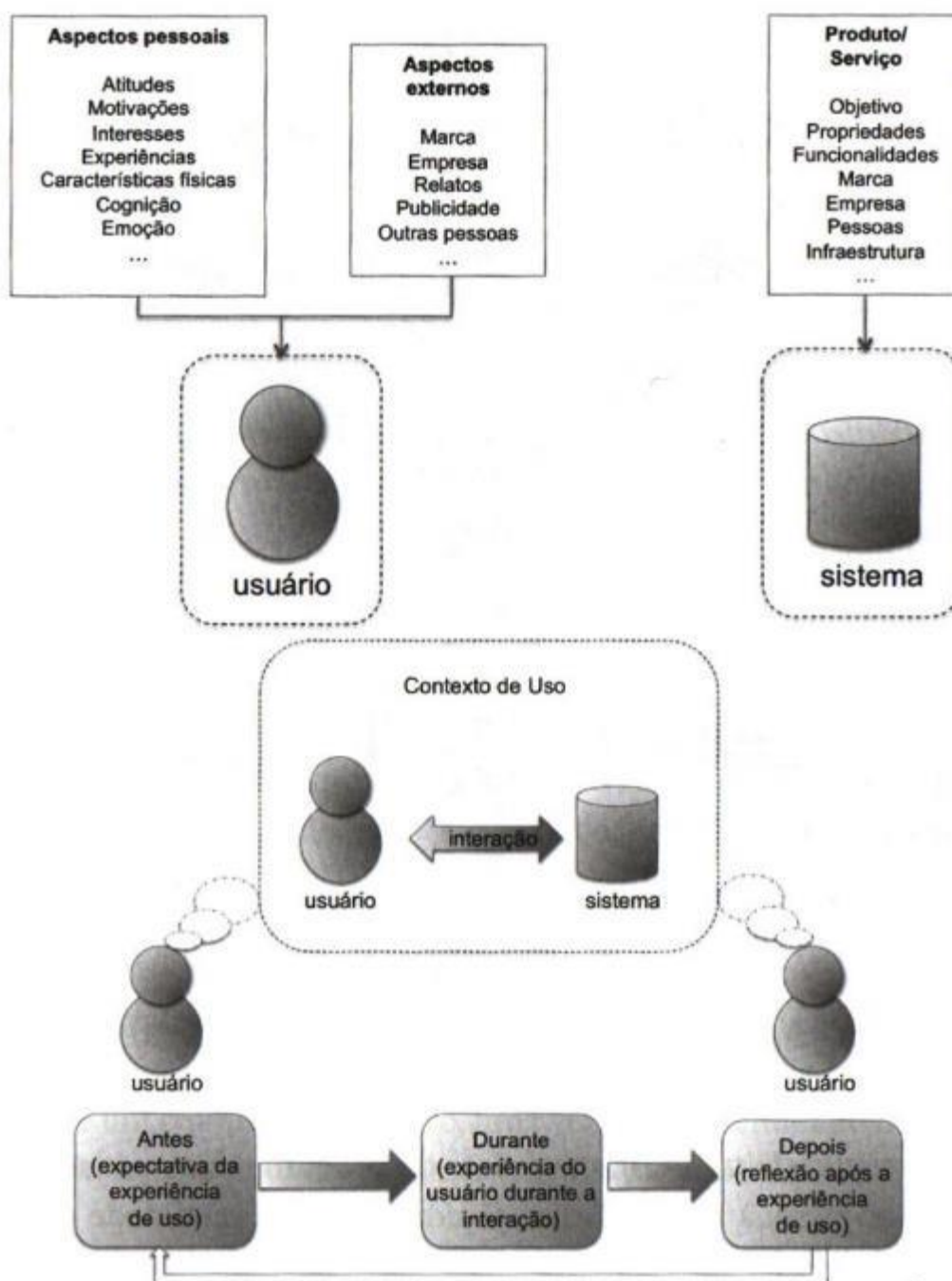
Segundo Cybis et al. (2015):

“...a experiência do usuário pode ser descrita como o conjunto de todos os processos (físicos, cognitivos, emocionais) desencadeados no usuário a partir de sua interação com um produto ou serviço em diversos momentos (que incluem a expectativa da interação, a interação propriamente dita e a

reflexão após a interação) em um determinado contexto de uso (físico, social, tecnológico).”

Cybi et al. (2015) apresenta um esquema geral da experiência do usuário (Fig. 13), e ressalta que “...a experiência do usuário é o conjunto de sensações e sentimentos vivenciados pela pessoa, relacionados ao uso de um produto ou serviço.” (CYBIS et al., 2015, p. 438).

Figura 13 - Esquema geral da experiência do usuário



Fonte: CYBIS et al, 2015, p.439

A experiência do usuário é essencial tanto para o design de interação, como também para a usabilidade, podemos verificar isso principalmente na versão revisada da ISO 9241-11, onde inclui de forma evidente em seu conteúdo, os fatores pessoais para os indivíduos. É onde podemos verificar as preferências, percepções e emoções do usuário, levando em consideração como um produto é usado no mundo real, e ocorre em três períodos: antes, durante e após o uso. Muitos confundem e acabam utilizando o termo para se referir a uma visão geral de todos os aspectos de interação do usuário com o sistema. De forma simplificada, é como as pessoas se sentem com relação ao produto, o prazer e à satisfação que têm ao usar, olhar, abrir, explorar, etc. É importante destacar que a experiência do usuário muda de acordo com o uso recorrente do produto. Não é possível projetar a experiência do usuário, é factível projetar para a experiência do usuário. Assim como não se projeta experiências sensoriais, e sim, se desenvolve atributos de design para tornar aparente essas experiências (ROGERS et al., 2013; BEVAN et al., 2015).

Segundo Rogers et al. (2013), existem muitos aspectos da experiência do usuário que podem ser considerados e maneiras diferentes de executá-los no design de produtos interativos, os que se destacam são: a usabilidade, a funcionalidade, a estética, o conteúdo, o *look and feel* e os apelos sensoriais e emocionais.

Segundo Rogers et al. (2013):

“O processo de seleção de termos que melhor transmitam os sentimentos de um usuário, seu bem-estar, emoções, sensações e assim por diante, quando utiliza ou interage com um produto em um determinado tempo e lugar, pode ajudar designers a compreenderem a natureza multifacetada e em constante mudança da experiência do usuário.”

Abaixo podemos verificar algumas metas de experiência do usuário, conforme Rogers (2013), que incluem experiências desejáveis e indesejáveis:

- Aspectos desejáveis - Satisfatório, agradável, atraente (*engaging*), prazeroso (*pleasure*), emocionante/excitante, interessante (*entertaining*), prestativo, motivador, desafiador, melhora a sociabilidade, apoia a criatividade, cognitivamente estimulante, divertido (*fun*), instigante, surpreendente, recompensador e emocionalmente gratificante.

- Aspectos indesejáveis - Tedioso, frustrante, faz com que alguém se sinta culpado, irritante, infantil, desprazeroso, condescendente (*patronizing*), faz com que alguém se sinta estúpido, forçosamente bonito (*cutesy*) e artificial/falso (*gimmicky*).

A preocupação não está relacionada a produtividade ou eficiência no uso, mas com as sensações, emoções e experiências agradáveis que a interação com produto pode causar para o usuário.

2.6 COMPREENDENDO O CONCEITO DE INTERFACE

O termo interface possui diversos significados, esses significados foram ampliados ainda mais com o desenvolvimento de novas tecnologias como os computadores pessoais e os *smartphones*, onde os usuários tem o controle das funções dos aparelhos através das interfaces gráficas do usuário. É o ponto de interconexão entre usuário e tecnologia (BRAGA, 2004). A interface consiste na composição dos elementos do design, tendo como interesse a comunicação com o usuário (RHEINFRANK E EVENSON 1996). Souza et al. (1999, p. 3) definem interface como:

... aquilo que interliga dois sistemas. Tradicionalmente, considera-se que uma interface homem-máquina é a parte de um artefato que permite a um usuário controlar e avaliar o funcionamento deste artefato através de dispositivos sensíveis às suas ações e capazes de estimular sua percepção.

Ou seja, é através da interface que o usuário consegue se comunicar com o artefato e realizar as ações necessárias para alcançar os seus objetivos. Segundo Johnson (2001), a interface tem a função de traduzir e tornar as duas partes envolvidas na interação (humano-computador), uma sensível a outra. Tendo, deste modo, uma relação semântica. A metáfora é umas formas que o design de interface utiliza para fazer essa tradução, sendo considerada por Johnson (2001), como o idioma essencial da computação gráfica contemporânea. Segundo Braga (2004), o designer de interface faz uso de metáforas de tecnologias ou ambientes que o usuário dominava antes de ter aquela experiência digital, assim diminui a curva de aprendizado com aquela interface. Deste modo, é comum encontrar no meio digital, termos que para identificar determinados elementos de uma interface com nomes de ambientes e tecnologias conhecido por todos, mesmo para quem nunca teve acesso a um computador.

Tidwell (2011) informa que antes de ser desenvolvida qualquer interface visual é necessário conhecer os usuários, como eles são, porque eles usam determinado *software*, e como eles podem interagir com ela, ou seja, quanto mais informações se têm dos usuários daquele artefato, mais eficaz você pode projetar a interface. Afinal, os usuários estão cada vez mais exigentes e os designers devem conhecê-los bem para poder compreender seu repertório e necessidades.

Segundo Azmi (2014) a interface do usuário, na computação, evoluiu na seguinte sequência:

- *Batch Interface* (1945-1968), interface de computação em lotes que utiliza cartões de trabalho para executar comandos simples em um computador;
- Linha de Comando (1969 – Atualmente), onde o usuário utiliza comandos textuais para que o computador execute uma tarefa específica;
- Interface Gráfica do Usuário (1981 – Atualmente), interface que utiliza um dispositivo apontador, geralmente mouse, para selecionar comandos em uma tela;
- Interface Natural do Usuário (2006 – Atualmente), interface que utiliza meios naturais da comunicação humana para interagir com o sistema.

Segundo Rogers et al. (2013) as interfaces podem provocar *feedbacks* emocionais negativos, como raiva e aversão. Normalmente ocorre quando o usuário utiliza uma interface que deveria ser fácil de usar e acaba ocorrendo o inverso. As interfaces quando mal projetadas podem fazer as pessoas se sentirem ofendidas ou ameaçadas, podendo irritá-las e ocasionando estresse. Os autores listam algumas razões para essas respostas emocionais:

- A aplicação não funciona de forma adequada e falha;
- O sistema não faz o que o usuário deseja;
- O sistema não fornece informações suficientes para o usuário saber o que fazer;
- As mensagens de erros são vagas e confusas;
- A aparência da interface é muito confusa, profusa ou muito paternalista;
- O sistema requer muitos passos para uma tarefa, apenas para descobrir que um erro foi cometido e que é necessário começar tudo novamente.

Os autores informam que o impacto de uma concepção de interface ruim pode ser drástico e fazer com que o usuário abandone a aplicação ou ferramenta. Essa frustração é resultado de um design ruim, mal pensado ou inexistente que poderia ser evitado, caso a interface fosse desenvolvida conforme os princípios do design de interação e das disciplinas que envolvem esse contexto.

2.6.1 NUI (NATURAL USER INTERFACES)

Wigdor e Wixon (2011) definem *Natural User Interfaces* (Interface Natural do Usuário) como sendo interfaces que criam experiências onde o usuário tem a sensação de estar interligado com o sistema, utilizando meios naturais da comunicação humana. O objetivo desse tipo de interface é construir uma experiência do usuário que seja natural para o usuário, ao invés de algum modo intrinsecamente natural. Algumas das linhas guias que os autores apresentam são:

- Criar uma experiência para usuários experientes poderem sentir como uma extensão do seu corpo;
- Criar uma experiência que seja tão natural para um novato, como para um usuário especialista;
- Criar uma experiência que é autêntica para o meio não começar por tentar imitar o mundo real ou qualquer outra coisa;
- Criar uma interface de usuário deve considerar o contexto, incluindo as metáforas certas, indicações visuais, feedback, e os métodos de entrada / saída para o contexto;
- Evitar cair na armadilha de copiar paradigmas de interface de usuário existentes.
- Fazer uma interface que imita alguma outra experiência na qual o usuário já é um especialista é uma técnica para fazê-los sentir como natural, mas não é a única.

Saffer (2014) apresentou os seguintes princípios para o design de Natural User Interfaces (NUI):

- Projetar para dedos, e não para cursores - As áreas de toque precisam ser muito maiores do que em um desktop: 8-10mm para canetas, e 10-14mm para as pontas dos dedos.
- Lembre-se de fisiologia e cinesiologia - Não faça com que os usuários executem

tarefas genéricas ou repetitivas.

- Sem braço de gorila - Os seres humanos não foram feitos para fazer muitas tarefas com as mãos para cima, em frente de seus corpos, por longos períodos de tempo.
- Cobertura da tela - Dedos estão ligados a uma palma, que pode cobrir a tela enquanto você está tentando fazer um gesto. Evite colocar elementos essenciais como rótulos abaixo de um controle, de forma que possa ser encoberto pela própria mão do usuário. Coloque itens como menus na parte inferior da tela, para evitar este fenômeno.
- Conheça a tecnologia - O tipo de tela sensível ao toque, sensor ou câmera determina o tipo de gestos que você pode projetar para a interação.
- Quanto mais desafiador for o gesto, menos pessoas serão capazes de (ou desejarem) realizá-lo.
- Ativar ações quando o usuário remover o dedo, e não enquanto toca a tela.
- Reconhecimento (*Affordance*) - Utilize gestos simples e intuitivos para atrair usuários a começar a usar o seu sistema.
- Evite a ativação de ações de forma não intencional - Uma variedade de movimentos diários por parte do usuário pode acidentalmente acionar o sistema. Tente evitar isso.
- Gestos e Teclas de comando - Fornecer maneiras fáceis de acessar a funcionalidade (como botões, controles deslizantes, itens de menu, etc.), mas também fornecer formas avançadas e ágeis de gestos aprendidos como atalhos.
- Variedade de requisitos - Há uma grande variedade de maneiras de realizar um mesmo gesto. Esteja preparado para isso.
- Determinar a complexidade do gesto de acordo com a complexidade e a frequência da tarefa - Tarefas simples e frequentemente utilizadas devem ter gestos igualmente simples para executá-las.

A partir das linhas-guias e princípios desenvolvidas por esses autores, percebemos que o design e avaliação desse tipo de interface não é algo trivial, cada interface do usuário tem sua peculiaridade, como já dito anteriormente, métodos tradicionais de

avaliação não são totalmente adequados. Desde modo, foi necessário encontrar abordagens mais específicas e atualizadas que exploram melhor as interfaces NUI.

Maike et al. (2015) propôs um conjunto de 13 heurísticas para design e avaliação de Natural User Interfaces (NUI), que são:

- Modos de Operação - O sistema deve prover diferentes modos de operação (visual, auditivo, tátil, gestual, baseado em voz, etc.). Além disso, o sistema deve prover um mecanismo explícito para o usuário trocar entre os modos, oferecendo uma transição suave.
- “Interactibilidade” - No sistema, os objetos selecionáveis e os “interagíveis” devem ser explícitos e permitir tanto sua seleção temporária quanto permanente.
- Adequação de Metáfora - Os conjuntos de metáforas de interação que o sistema provê precisam fazer sentido como um todo, para que seja possível entender o que o sistema consegue ou não interpretar. Quando aplicável, deve haver um agrupamento visual de comandos semanticamente semelhantes. Além disso, as metáforas de interação devem ter uma relação clara com as funcionalidades que executam, requerendo do usuário uma carga mental reduzida e provendo um senso de familiaridade. Por fim, as metáforas não devem ser muito semelhantes entre si, para evitar confusão e facilitar o reconhecimento.
- Aprendizabilidade - Deve haver coerência entre o tempo de aprendizado e a frequência de uso. Portanto, se a tarefa é realizada frequentemente, então é aceitável requerer algum tempo de aprendizado; caso contrário, a interface deve ser usável sem muito esforço de aprendizado. Além disso, o design deve considerar que usuários aprendem uns com os outros, copiando, quando trabalham juntos, então é importante permitir que estejam cientes das ações e intenções uns dos outros.
- Equilíbrio de Orientação - Deve haver equilíbrio entre exploração e orientação, para manter o fluxo de interação tanto para os usuários experts quanto para os novatos. Para melhorar a transição do uso novato para o uso expert, o sistema deve encorajar a exploração ativa do conjunto de metáforas de interação. Por fim, é importante prover atalhos para usuários experts.
- Navegação - A qualquer momento, usuários devem ser capazes de saber aonde

estão, tanto da perspectiva do todo, quanto da microscópica. Isto é importante independente de proficiência do usuário com o sistema, usuários novatos e experts precisam de ambas as visões do sistema.

- Conforto - Interagir com o sistema não deve requerer muito esforço do usuário e não deve causar fadiga.
- Espaço - O local onde espera-se que o sistema seja utilizado deve ser apropriado para os tipos de interação que ele requer, e para o número de usuários simultâneos que ele suporta.
- Engajamento - O sistema deve prover imersão durante a interação, e ao mesmo tempo permitir fácil aquisição e integração da informação.
- Compatibilidade Dispositivo-Tarefa - O sistema deve oferecer tipos de interação que sejam compatíveis com a tarefa na qual ele será utilizado.
- Aceitação Social - Usar o sistema não deve causar constrangimento aos usuários.
- Consciência de Outros - Se o sistema suportar diversos usuários trabalhando na mesma tarefa ao mesmo tempo, então ele deve lidar com e prevenir conflitos de entrada. Portanto, usuários devem ser capazes de trabalhar em paralelo sem atrapalhar uns aos outros, mas tendo consciência dos demais.
- Comunicação de Duas Vias - Se múltiplos usuários estão trabalhando em atividades diferentes pela mesma interface, e não estão necessariamente em proximidade, o sistema deve prover formas para ambos os lados se comunicarem entre si.

A seguir apresentaremos o conceito de interface gestual, que podemos tratar como sendo uma categoria de interface NUI, no entanto, estuda exclusivamente a interação através de gestos, enquanto NUI é mais abrangente, explorando gestos, voz, entre outras formas de comunicação humana.

2.6.2 A INTERFACE GESTUAL

Os gestos sempre estiveram presentes na maneira como os indivíduos se comunicam, de forma coadjuvante ou principal eles estão impregnados de sentido comunicativo que são passados de geração a geração por meio da observação e da interação, atendendo a aspectos culturais vigentes. (MAIA FILHO, 2013:6 e 7)

Segundo Cadoz (1984 Apud Buxton, 2011) os gestos são classificados como:

- Semióticos: utilizados para comunicar informações significativas;
- Ergóticos: aqueles usados para manipular o mundo físico e criar artefatos;
- Epistêmicos: aqueles usados para aprender com o meio ambiente, através da exploração tátil ou háptica;

Os gestos podem ser categorizados de acordo com a sua funcionalidade, Rimé e Schiaratura (1991 Apud Buxton, 2011) propõe uma taxonomia para os gestos (Fig. 14), que são:

- Gestos Simbólicos: são gestos que, dentro de cada cultura, têm um significado único;
- Gestos Deícticos: são os tipos de gestos geralmente mais vistos em Interação Humano-computador, e são os gestos de apontar, ou de outra forma dirigir a atenção do ouvinte para eventos específicos ou objetos no ambiente;
- Gestos Icônicos: como o nome sugere, estes gestos são usados para transmitir informações sobre o tamanho, a forma ou orientação do objeto de discurso;
- Gestos Pantomímicos: são os gestos usados normalmente para mostrar o uso de movimento de alguma ferramenta ou objeto invisível na mão.

Figura 14 - Gesto simbólico, deíctico, icônico e pantomímico



Fonte: Vogas (2008)

O gesto é, no enfoque específico de interfaces gestuais, qualquer movimento físico que um sistema digital pode identificar e responder sem a necessidade de dispositivos físicos como mouse, *joystick*, caneta, etc. Essas interfaces podem ser categorizadas como *touchscreen* ou de forma livre, a primeira onde o usuário toca diretamente o dispositivo, na maioria das vezes uma tela sensível ao toque. A segunda categoria é aquela que não necessita da manipulação física direta como o dispositivo, são originados de qualquer movimento ou estado do corpo, podendo ser um movimento de cabeça, o piscar de olhos ou um aceno de mão (SAFFER, 2009).

Entretanto, Norman e Nielsen (2010) destacam que os projetos de interfaces gestuais tem negligenciado conceitos e princípios consolidados do design de interação, sendo destacados: a visibilidade de *affordances*, o *feedback*, a consistência, a reversibilidade de ações, a detectabilidade de funções, a escalabilidade das resoluções de telas e a confiabilidade das operações.

Isto posto, verifica-se que, apesar das interfaces gestuais terem a função de facilitar a vida das pessoas, estão pecando em requisitos importantes de interação, podendo causar frustrações, erros e mau uso da interface. No entanto, diversas pesquisas estão sendo realizadas nesse âmbito e o resultados estão cada vez mais específicos e satisfatórios. Novos métodos estão sendo elaborados para o desenvolvimento e avaliação dessas interfaces, tendo como base princípios consolidados do design, mas, com adaptações direcionadas ao design de interfaces gestuais.

Segundo Adhikarla et al. (2015) assim como o “velho” mouse, ainda eficiente, foi substituído pela tela sensível ao toque, a interface gestual poderá ser o próximo passo lógico para essa transição tendo em vista que permite a seleção bastante intuitiva e a manipulação de conteúdos em ambiente 3D. Os mesmos autores, em estudo comparativo com interfaces 2D e 3D manipuladas pelo Leap Motion, verificaram a alta preferência dos usuários pela interação gestual “mão livre” e a baixa demanda cognitiva da interação 3D, comparada com a interação 2D.

Coelho e Verbeek (2014) realizaram um estudo com o Leap motion para verificar sua aplicabilidade na manipulação de objetos 3D e compará-lo com a manipulação tradicional utilizando mouse. Concluíram que o dispositivo não fornece precisão de movimentos para manipular os objetos 3D e que profissionais mais experientes preferem o mouse por ser mais confiável e prático. No entanto, recomendam mais estudos sobre esse tipo de manipulação através de gestos, com a finalidade de fornecer mais informações para o melhoramento desse tipo de interface, incluindo janelas, menus de navegação, mudanças de estado e controle de câmera.

Reiten (2014) desenvolveu em sua pesquisa um *software* para manipulação de objetos 3D utilizando gestos e verificou a ação de mover e girar esses objetos. Conferindo que ainda é difícil encontrar uma estratégia para a manipulação desses objetos com o Leap motion. A ação de mover o objeto é constatada como sendo fácil, no entanto, a combinação de mover e girar torna-se difícil para usuários iniciantes. Os

usuários apresentaram fadiga rápida, sendo concluído que tarefas de longa duração não são adequadas para esse tipo de interação. Apesar dos controles serem difíceis de executar, os usuários relataram que eram fáceis de entender. O autor expõe que umas das desvantagens do Leap motion é que a interação torna-se cansativa se o usuário não posicionar os cotovelos sobre a mesa, e que descobrir maneiras de girar, mover e dimensionar objetos descansando os cotovelos sobre a mesa seria uma estratégia para reduzir essa fadiga. Ainda sugere o desenvolvimento de uma aplicação utilizando a metáfora da modelagem em argila, que consistem em proporcionar ao usuário a sensação de estar modelando uma massa de argila com as mãos, afirmando que usuário iniciantes poderiam liberar sua criatividade com esse tipo de aplicação interativa.

Yang et al. (2012) desenvolveu um estudo com rastreamento das mãos para controlar um sistema de modelagem 3D utilizando o sensor Kinect. O sistema usa o estilo de interação bi-manual, onde a mão esquerda é usada para seleção de funções e a direita para controlar os movimentos no espaço virtual 3D. Esse estudo foi realizado em comparação com a manipulação através de mouse, onde os resultados para a locomoção de objetos foram significativamente mais rápidos utilizando os gestos. No entanto, todos os usuários relataram que o uso da tecnologia gestual por longos períodos torna a atividade cansativa. Os autores indicam o uso de uma abordagem mista onde o uso de gestos pode ser apoiado por uma combinação com o teclado e o uso de apenas uma mão. Os autores recomendam estudos futuros para tornar a atividade menos cansativa, através de um maior suporte para os braços e a redução da amplitude dos movimentos.

Falcão et al. (2015) realizou um estudo sobre a avaliação da interface do *software* Adobe Photoshop CS6 tendo o Leap Motion como dispositivo de entrada, a fim de verificar sua usabilidade, e se o dispositivo pode ser uma ferramenta para facilitar o trabalho dos designers. Em seu processo metodológico os autores integraram as heurísticas de Nielsen (1995) para avaliação de interface e as de Jordan (1998) para avaliação de produtos, chegando a 10 heurísticas (Tabela 9, p. 56) para avaliação tanto do dispositivo Leap motion (hardware), quanto da sua interface no Adobe Photoshop CS6 (*software*).

Tabela 7 - Integração das heurísticas de usabilidade de Nielsen e Jordan

Nº	Tarefa	Questões
1	Feedback	O produto indica ao usuário o que está acontecendo? Os sinais são compreensíveis?
2	Correspondência e Reconhecimento	As opções são visíveis para os usuários? As informações mais importantes são facilmente visualizadas? A linguagem utilizada é adequada (familiar)? As informações aparecem em uma ordem natural?
3	Saída Claras Indicadas	O sistema permite ao usuário cancelar uma função? O sistema permite ao usuário sair de uma função indesejada facilmente?
4	Prevenção de Erros	O sistema prevê mensagens de erros? As mensagens de erro sugerem uma solução para ajudar o usuário resolver problemas?
5	Reversibilidade de Ações	O produto permite desfazer as ações?
6	Clareza	O artefato dá indícios de funcionalidade e método de operação?
7	Consistência	As tarefas semelhantes são realizadas de forma semelhante? O produto fornece sugestões quando a sua funcionalidade e método de operação?
8	Compatibilidade	A realização de cada tarefa é compatível com o conhecimento do usuário a partir de outros produtos similares?
9	Ajuda e Documentação	As informações contidas vídeo de instruções são fáceis de entender? Os passos para execução das tarefas estão adequados às necessidades dos usuários? É fácil encontrar soluções para problemas específicos?
10	Recursos do Usuário	As configurações do produto levam em consideração os recursos físicos do usuário? As configurações do aplicativo levam em consideração a demanda cognitiva do usuário?

Fonte: Falcão et al (2015)

Através dessas heurísticas os autores chegaram à conclusão que apesar da interface proporcionar diversão aos usuários, especialmente por ser um produto novo, para que a interface possa ser considerada “natural” ela deveria dar a sensação de que o usuário está sempre no controle, com o mínimo de esforço possível. No entanto, não cumpriu a exigência de esforço e tempo mínimo. Tarefas simples como escolher o tamanho do pincel e selecionar a borracha levaram muito tempo para serem executadas. Não podendo, deste modo, substituir dispositivos de entrada como mouse, teclado e mesa digitalizadora. Os autores relatam que esse problema ocorre devido a falha no sistema, que não permite a facilidade da seleção de botões e

reconhecimento de gestos, tornando a interação lenta e cansativa. Além disso, os usuários relataram a fadiga muscular e braços cansados, após o uso do dispositivo por um tempo mais longo. Deste modo, indicam que a interface gestual necessita de ajustes para minimizar a fadiga e fornecer melhor experiência para o usuário.

Chuan et al. (2015) indica que a avaliação heurística de usabilidade comum, não é suficiente para avaliar interfaces gestuais, e propõe quatro heurísticas de usabilidade específicas para avaliação de interfaces gestuais, são elas: “Aprendizabilidade”, Carga de Trabalho Cognitivo, Adaptabilidade e Ergonomia, os autores dividiram avaliação em quatro fases, e resumiu as heurísticas de usabilidade já consolidadas, em 4 novas heurísticas específicas para avaliação de interfaces gestuais (Tabela 10).

Tabela 8 - Heurísticas para interfaces gestuais

Fase	Conceitos de Usabilidade Genéricos	Nome De Heurística
Antes de Usar	Detectabilidade, “Aprendizabilidade”, Memorabilidade	“Aprendizabilidade”
Durante o Uso	Carga de Trabalho Cognitivo, Segmentação, <i>Feedback</i>	Carga de Trabalho Cognitivo
Após o Uso	Adaptabilidade, Extensibilidade, Reconfigurabilidade, Dimensionamento	Adaptabilidade
Uso Prolongado	Conforto, Fadiga, Ergonomia	Ergonomia

Fonte: Chuan et al. (2015)

Essas quatro heurísticas para avaliação de interfaces gestuais foram testadas e comparadas com os resultados obtidos em uma avaliação utilizando as heurísticas de usabilidade desenvolvidas por Sivaji (2011 apud Chuan et al. 2015), que são baseadas nas Heurísticas de Nielsen (1995), já citadas anteriormente, no entanto, possuí alguns acréscimos, que são: acessibilidade e privacidade. O resultado demonstrou que as novas heurísticas são mais eficientes, identificando mais problemas na avaliação de interfaces gestuais.

Assim, observamos que existem três propostas de avaliação heurística que podemos utilizar nesse estudo: a Avaliação Heurística para NUI (MAIKE et al., 2015), Avaliação Heurística para NUI com foco em Interfaces Gestuais (FALCÃO et al., 2015) e Avaliação Heurística para Interfaces Gestuais (CHUAN, 2015). Todavia, sentimos a

necessidade de reunir as contribuições dos três modelos em uma adaptação particular para esse estudo, que apresentaremos no capítulo “Metodologia do Estudo” no tópico “Avaliação Heurística”.

No entanto, tendo em vista que a avaliação heurística para NUI e Interfaces Gestuais tratam-se de métodos de avaliação realizados por especialistas em usabilidade, e que necessitamos verificar usuários reais para compreender melhor os problemas da interface e da experiência do usuário. Foram relacionados pesquisas semelhantes ao presente estudo, através da revisão sistemática, para verificar procedimentos de avaliação em *softwares* 3D, que utilizaram usuários não experientes para avaliar a usabilidade da interface gestual.

Foi verificado que a maioria dos estudos são basicamente quantitativos e comparativos, onde os pesquisadores mediam o tempo de execução das tarefas e comparavam com o tempo de realização com *mouse*, ao final dos experimentos os entrevistados expressavam suas opiniões sobre o uso do sistema. Também percebemos uma maior preocupação com o desempenho do sistema, negligenciando o desempenho e satisfação do usuário ao interagir com o sistema, provavelmente porque a maioria dos estudos tratam-se do desenvolvimentos e programação de sistemas computacionais preliminares, como mover, rotacionar e escalonar objetos 3D simples, como cubos e esferas (YANG et al., 2012; OLIVEIRA, 2013; COELHO E VERBEEK, 2014).

Porém, Vosinakis et al. (2016) desenvolveram um jogo que utiliza gestos como forma de interação, para visitantes de um museu, com o objetivo de ensinar essas pessoas sobre esculturas Cíclades (arte produzida durante a civilização Cícládica), esses gestos eram captados através do dispositivo Leap Motion. Para avaliar a interface gestual, os autores verificaram que não existiam métodos específicos no que diz respeito a experiência do usuário. Desde modo, aplicaram uma abordagem de avaliação com os seguintes requisitos para os entrevistados:

- Pensar em voz alta durante a fase de familiarização no uso do aplicativo;
- Realizar as tarefas sem ser interrompido;
- Fornecer informações finais e preencher um breve questionário.

E o processo de avaliação foi o seguinte:

- Boas vindas – Explicação dos efeitos do presente estudo;
- Familiarização – O usuário explora livremente o jogo e expressavam seus pensamentos sobre a experiência através da linguagem verbal;
- Início – O usuário jogou o jogo, foram registrados o tempo e a número de erros cometidos. Não foram interrompidos e se concentravam no desempenho;
- Final – Observações pós-teste e questionário.

Essa teste foi realizado por um total de 10 participantes (9 homens e 1 mulher), todos destros, 7 estudantes de Engenharia de Design em vários níveis (graduação, pós-graduação e PhD) e 3 professores, onde 7 desses participantes tinha uma breve experiência com o Leap Motion.

Para análise dos resultados, os seguintes passos foram realizados:

- Após o teste os participantes foram perguntados sobre a impressão global do aplicativo através de uma escala de Likert com cinco níveis (1 – Horrível, 2 – Não muito boa, 3 – Boa, 4 – Muito Boa, 5 – Brilhante);
- Em seguida, as questões de experiência do usuário, obtidas através da expressão dos pensamentos durante a familiarização e da entrevista pós-teste, são organizadas em: questões de experiência do usuário (expressões), caracterizações (positivo e negativo) e recomendações;
- As expressões da experiência do usuário são examinadas para verificar singularidades e são reescritas para se adequarem ao contexto do estudo.
- Pra finalizar, as questões de experiência do usuário são mapeadas em princípios de usabilidade para interações 3D.

Através desse estudo, os autores identificaram 7 princípios em que os problemas identificados se enquadraram: *Look and Feel* (design da interface), *Feedback*, rastreamento, gesticular, posicionamento do usuário, controle/alcance e visibilidade.

Após esse processo de avaliação Vosinakis et al. (2016) perceberam que todos os usuários experimentaram algum problema com o Leap Motion com relação ao rastreamento das mãos, seja por falha na interpretação do gesto, movimentos não condizentes ao movimento real e gestos executados fora do campo de visão do controlador. Além disso, os usuários se sentiam desconfortáveis com o

posicionamento do corpo e mãos durante a interação, sentindo fadiga, dificuldades com a sensação de profundidade, falta de *feedback* sonoro e visual, entre outros problemas. Assim, percebemos que podemos utilizar essas etapas para avaliar a usabilidade e a experiência do usuário com usuários reais. Esse processo é semelhante ao relatado por Cybis et al. (2015) no “Teste com o usuário”.

No próximo capítulo apresentaremos o dispositivo Leap Motion e o *software* Sculpting, mostrando como funciona o sensor de gestos, as aplicações, a interface do Sculpting e as tarefas que podem ser realizadas na aplicação. Assim, será possível compreender mais sobre o *hardware* e *software* analisados nesse estudo.

3 LEAP MOTION E SCULPTING

Neste capítulo será apresentado o objeto de estudo de forma detalhada. O Leap Motion que trata-se do dispositivo de entrada (*hardware*), sensor que identifica os dedos e as mãos dos usuários como objetivo de manipular alguma aplicação interativa (*software*, aplicativo ou *game*). Também será apresentado o Spulpting, *software* escolhido para ser analisada a sua interface, que utiliza a tecnologia gestual como meio de interação.

3.1 DISPOSITIVO DE INTERAÇÃO GESTUAL

Leap Motion é um dispositivo que rastreia as mãos, dedos do usuário e ferramentas dentro do seu campo de visão, sem a necessidade de outros equipamentos (Fig. 15) é um produto de baixo custo e está disponível no mercado desde 2013. Trata-se de um sistema de rastreamento óptico que funciona através de duas câmeras e três LEDs infravermelhos (Fig. 16), capta os movimentos em até 200 quadros por segundo, dando um campo de visão de 150°. Com aproximadamente 240 cm³ de espaço interativo em forma de uma pirâmide invertida (Fig. 17, p. 62), anteriormente a visão acima do dispositivo era de 60 cm, porém, com a atualização do *software* Orion Beta, essa visão foi expandida para 80 cm, podendo rastrear os 10 dedos com uma precisão de 0,01 milímetros. Fisicamente, trata-se de um artefato com formato de bloco retangular com cerca de 8 cm de largura, por 1,1 cm de altura e 3 cm de profundidade, seu peso é de aproximadamente 45 gramas (LEAP MOTION, 2016; REITEN, 2014; FANINI, 2014).

Figura 15 - Demonstração do uso do Leap motion



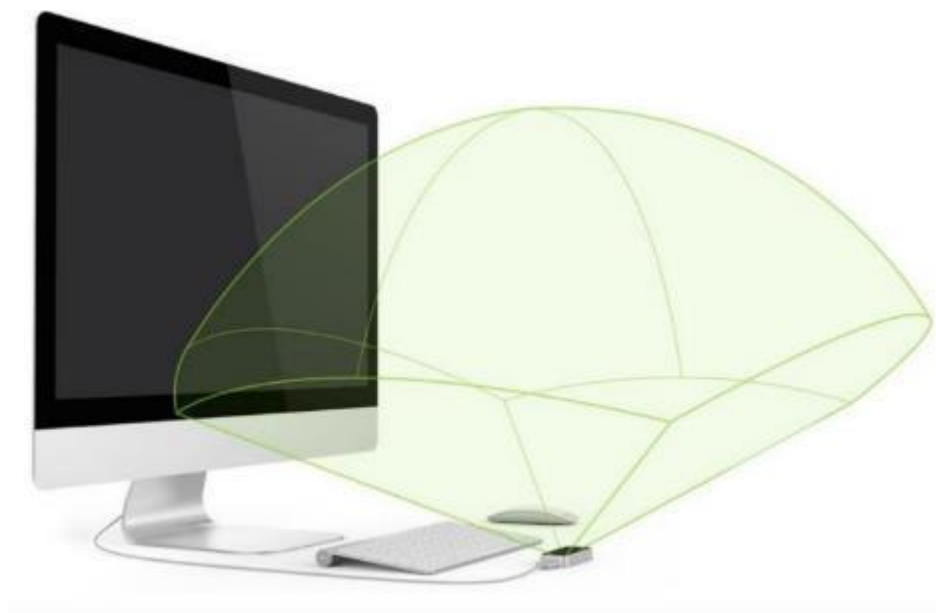
Fonte: Leap Motion (2016)

Figura 16 - Sistema de LED's e Câmeras



Fonte: Leap Motion (2016)

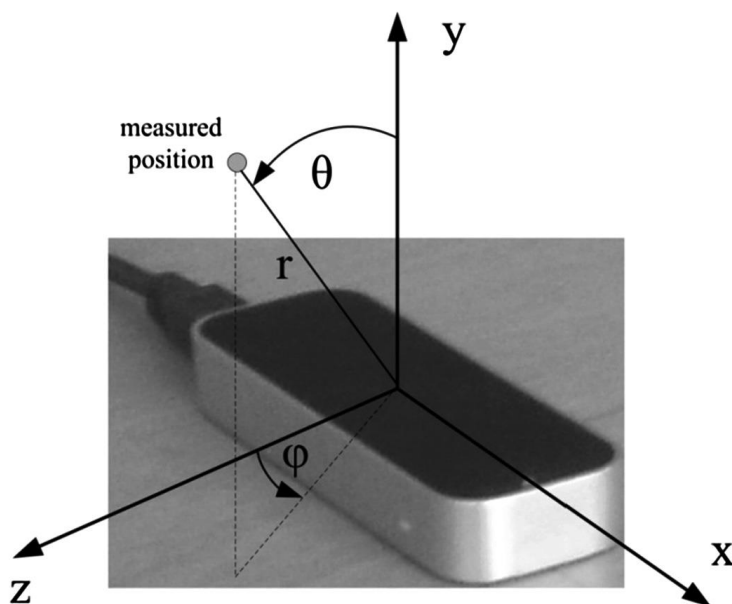
Figura 17 - Espaço interativo em forma de pirâmide invertida



Fonte: Leap Motion (2016)

No entanto, Adhikarla et al. (2015) informa que o controlador Leap Motion possui a gama efetiva aproximada de 3 a 30 cm acima do dispositivo, cerca de 0 a 20 atrás eixo negativo Z e de 20 cm em cada direção ao longo do eixo X (Fig. 18).

Figura 18 - Dispositivo Leap motion e eixos 3D



Fonte: Adhikarla et al (2015)

O processo ocorre basicamente da seguinte maneira: o sensor captura os dados (movimentos das mãos e dedos), lê as informações através da memória do próprio dispositivo e em seguida transmite os dados, através do cabo USB, para o *software* de rastreamento Leap Motion do computador. Os dados chegam em forma de imagem

em tom de cinza estéreo do espectro de luz do infravermelho mais próximo, que estão separados em câmera esquerda e direita. Normalmente os únicos objetos detectados são aqueles iluminados pelos LEDs infravermelhos do controlador. Porém, lâmpadas incandescentes, halógenas e a luz do solar também podem iluminar a cena em infravermelho. Quando a informação chega ao *software* do computador são realizados cálculos e aplicados avançados algoritmos para os dados brutos do sensor. Esses dados são convertidos para que o painel de controle do Leap Motion envie as informações para o *software* específico que o sensor está se comunicando. (LEAP MOTION, 2016)

No entanto, apesar de ser um dispositivo bastante eficiente na captação dos movimentos, e com uma proposta que estimula os admiradores das tecnologias emergentes, a maioria de suas aplicações não demonstram boa usabilidade, claramente o uso de mouse ou teclado é mais eficiente e adequado. (POGUE, 2013; HUTCHINSON, 2013; ETHERINGTON, 2013). Porém, uma avaliação com usuários é necessária para verificar os pontos positivos e negativos do uso desse dispositivo, tendo em vista que a usabilidade do produto não é avaliada apenas através de produtividade, a satisfação do usuário que segundo Bevan et al. (2015), trata-se da vontade de usar o sistema, e existem diversos fatores que devem ser averiguados como efeitos emocionais e fisiológicos.

3.2 INTERAÇÃO GESTUAL EM SOFTWARE DE MODELAGEM 3D

A manipulação de *softwares* de modelagem 3D não é algo simples, que qualquer usuário de computador utiliza com facilidade, trata-se de uma atividade que requer conhecimento específico, que se gaste uma quantidade de significativa de tempo para aprender *softwares* de modelagem 3D profissionais, como Autodesk Maya, Blender, Solidworks, Rhinoceros 3D, entre tantos outros. Contudo, diversos estudos estão sendo realizados para facilitar a manipulação e criação de modelos em 3D para usuários iniciantes, e a criação de aplicações interativas para modelagem 3D através de gestos pode ser uma alternativa para simplificar essa atividade, como por exemplo, mover e girar objetos no espaço virtual 3D (REITEN, 2014).

Iacolina (2013) classifica as tarefas em um ambiente de interação 3D como:

- Seleção e manipulação de objetos em espaço virtual;

- Navegação;
- Controle do sistema.

No entanto, Iacolina (2013) alerta que apesar da interação em ambiente virtual ser semelhante ao mundo real, explorando capacidades naturais do usuário, esse tipo de interação não explora todas as competências sensoriais, como por exemplo, a cena 3D é projetada em uma superfície 2D (Monitor) o que faz com que haja inconsistência na profundidade percebida e mal entendimento na forma como a interação deve ocorrer. Além disso, a resposta tátil, sonora, entre outros elementos da interface, também não são apresentadas ao usuário da mesma forma que o mundo real.

A empresa desenvolvedora do Leap Motion disponibiliza uma série de aplicações interativas para os usuários realizarem o *download* em seu site. Dentre elas, algumas aplicações para modelagem e pintura 3D. O Sculpting é um dos que estão disponíveis, conhecido anteriormente por Freeform, este aplicativo utiliza uma metáfora semelhante a escultura de objetos reais, permite que sejam feitas modelagens tridimensionais com uma variedade de opções de ferramentas para manipular as formas (pressionar, achatar, suavizar, crescer, etc), dimensionamento de ferramentas, escolha de materiais (argila, porcelana, vidro, metal, etc.), cores e tamanhos para os pincéis de pintura, escolha de formas manipuláveis (esfera, cilindro, retângulo achatado, toro e outras mais complexas), entre outras opções, além das manipulações de rotação e aproximação de câmera. Todas estas utilizando o movimento das mãos e dedos. O *software* permite salvar os objetos nos formatos .ply, .stl e .obj, que podem ser visualizados em outros *softwares* de modelagem 3D, ou utilizados para serem impressos em impressoras 3D, algo que vem sendo bastante popularizado atualmente (REITEN, 2014; LEAP MOTION, 2016).

No entanto, alguns estudos indicam que a manipulação gestual para atividades de longa duração não são adequados e podem causar cansaço nos braços e movimentos incômodos das mãos (REITEN, 2014; SAFFER, 2014; FALCÃO et al., 2015). Deste modo, trataremos de verificar os tipos de incômodos físicos que essa atividade pode causar, os problemas de usabilidade da interface, assim como a satisfação do usuário, que poderá estar relacionada com os elementos físicos e cognitivos da interação.

3.3 INTERFACE DO SCULPTING

A interface do Sculpting trata-se de uma paisagem 3D com opções do menu apresentadas em linguagem textual nas extremidades da tela, em formato elíptico (Fig. 19).

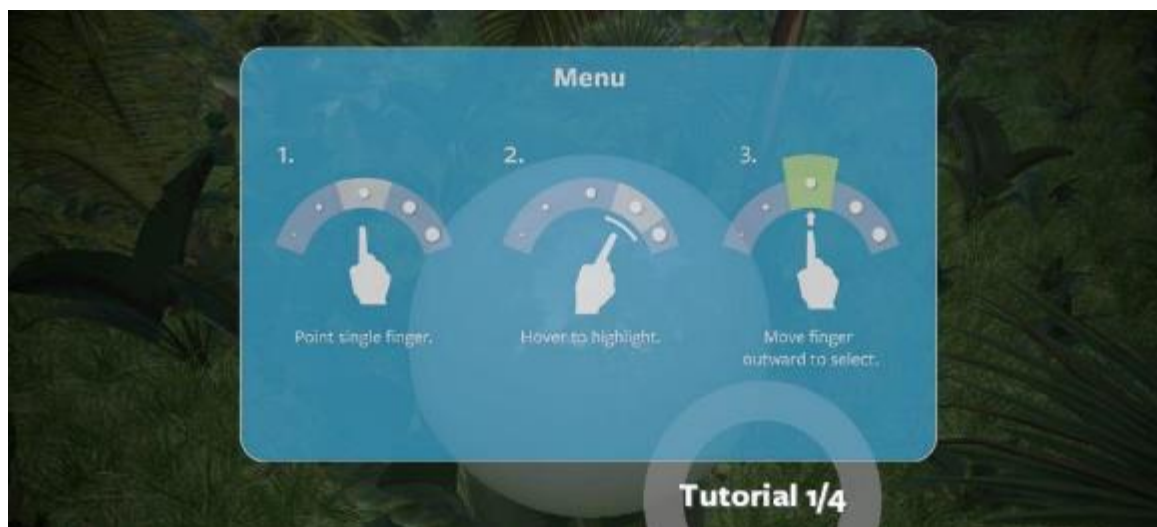
Figura 19 - Interface do Sculpting



Fonte: Adhikarla et al (2015)

Quando o programa é instalado são apresentadas 4 páginas de instruções para o usuário aprender os gestos e comandos da interface. Na primeira página (Fig. 20, p. 66) é dada a instrução de como selecionar as variáveis dentro das opções principais do menu. A segunda página (Fig. 21, p. 66) explica como manipular a câmera no ambiente através do movimento de direção, aproximação e o comando de parar o movimento da câmera. A terceira página (Fig. 22, p. 66) explica a função das ferramentas encontradas na opção Tool, que traduzindo para o português são ferramentas, totalizando 7 variáveis para esculpir e pintar o objeto 3D. A quarta e última página (Fig. 23, p. 67) demonstra o gesto realizado para ocultar e exibir o menu.

Figura 21 - Primeira página do tutorial de uso, gesto para seleccionar a opção do menu



Fonte: Captura de tela do software pelo autor

Figura 22 - Segunda página do tutorial de uso, gesto para movimentar a câmera do ambiente 3D



Fonte: Captura de tela do software pelo autor

Figura 20 - Terceira página do tutorial de uso, funções das ferramentas de escultura



Fonte: Captura de tela do software pelo autor

Figura 23 - Quarta página do tutorial de uso, gesto para esconder e mostrar o menu.

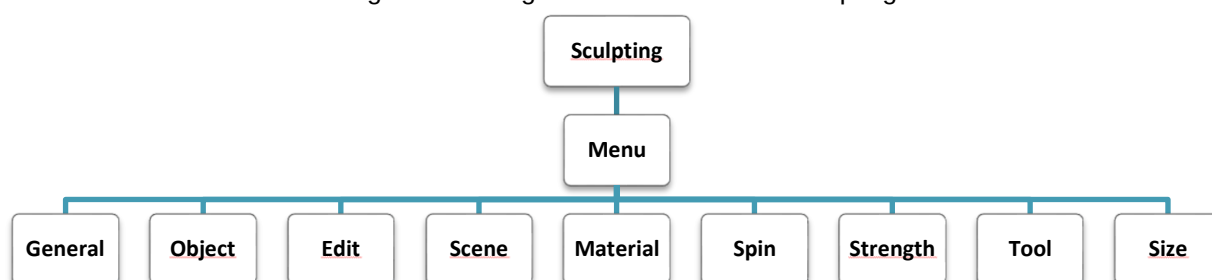


Fonte: Captura de tela do software pelo autor

3.3.1 DIAGRAMA DA INTERFACE DO SCULPTING

Após a abertura do programa é possível utilizar os gestos das mãos para manipular a interface. São apresentadas 9 opções do menu escritas em inglês, que traduzidas para o português são: geral, objeto, editar, cena, material, girar, força, ferramentas e tamanho (Fig. 24). Para ter acesso as variáveis dentro dessas opções é necessário utilizar o gesto de apontar com o dedo, em seguida selecionar e arrastar para fora a variável desejada, que são apresentadas como texto e/ou desenho, dependendo do tipo de opção selecionada.

Figura 24 - Diagrama da interface do Sculpting



Fonte: Elaborado pelo autor

As variáveis apresentadas em cada opção traduzidas para o português são:

- Geral – tutorial, sobre, sair, imagem da tela, alternância de som;
- Objeto – boneco de neve, chapa, toro, cilindro, esfera, impressão 3D, salvar e carregar;
- Editar – refazer, desfazer, simetria e aramado

- Cena – ártico, selva, penhasco na selva, sequoia vermelha, deserto, rio e ilha;
- Material – argila, metal, vidro, plástico e porcelana;
- Girar – desligado, lento, médio e rápido;
- Força – baixa, média e alta;
- Ferramentas – pintar, pressionar, borrar, achatar, suavizar, repelir e crescer;
- Tamanho – 15, 20, 25, 30, 35 e 40.

Essas variáveis são selecionadas da mesma forma, em todas as opções. Ou seja, é necessário apontar com o dedo, selecionar a opção e arrastá-la para fora. O menu pode ser ocultado através do gesto das duas mãos abertas diante da tela da interface e em seguida o movimento de afastamento das mãos. Para aparecer o menu novamente é necessário o movimento inverso, mãos abertas diante da tela e movimento de aproximação das mãos. O gesto de apontar com o dedo é utilizado tanto para selecionar as opções do menu, como também para esculpir e pintar o objeto 3D. Essa ação pode ser realizada com um dedo de cada mão ao mesmo tempo. O movimento da câmera é realizado com o gesto das mãos abertas simulando o movimento que a câmera deve fazer, podendo girar o objeto em torno dos 3 eixos (X, Y e Z), além de aproximá-lo e afastá-lo.

3.3.2 DIAGRAMA DE TAREFAS DO SCULPTING

As sequência de etapas para o uso do *software* Sculption é demonstrada no seguinte diagrama (Fig. 25, p. 72). O primeiro procedimento realizado é a execução do programa Leap Motion App Store através do mouse ou teclado, em seguida o programa surge em formato de janela e apresenta todos aplicativos instalados do Leap Motion. Para executar o Sculpting é necessário clicar com o mouse no seu ícone. Em seguida, caso seja a primeira vez que o programa é executado, após a instalação, é apresentado um tutorial com 4 páginas explicando os procedimentos básicos para utilizar o *software*. Depois de ver o tutorial é possível selecionar diversas opções no menu, porém, seguindo uma sequência lógica, seleciona-se a forma base (sphere, cylinder, torus, sheet, entre outros) na opção “Object”, ou caso a forma desejada já seja a apresentada na interface não é necessário modificá-la. Posterior a esse procedimento, é possível selecionar a ferramenta de esculpir, modificar a intensidade de sua força e seu tamanho. Depois, é possível esculpir a forma base da maneira que

desejar, caso erre é possível desfazer o erro, caso deseje, também é possível refazer o procedimento desfeito. É possível salvar o arquivo em formatos compatíveis com outros programas de modelagem 3D ou para imprimir em uma impressora 3D. Ao final do uso é possível selecionar “Exit” dentro da opção “General” para sair do Sculpting.

Figura 25 - Diagrama de tarefas do Sculpting



Fonte: Captura de tela do software pelo autor

No próximo capítulo será apresentada a metodologia adotada para a avaliação da interface, dividida em 3 avaliações: heurística (com 5 especialistas), de usabilidade e ergonômica (com usuários reais), e que foram auxiliados pela termografia digital por infravermelho para avaliar questões físicas e de estresse dos 12 participantes do experimento.

4 METODOLOGIA DO ESTUDO

Esta pesquisa possui uma abordagem objetivista, através da investigação do conhecimento para aplicações de ordem prática. A metodologia utilizada possui caráter descritivo, por ser configurada através da observação, registro e análise do fenômeno estudado através da avaliação heurística, de usabilidade e ergonômica, por meio de testes e entrevistas. Para isso, foi necessária enviar o projeto para o Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco, e teve como resultado a aprovação da realização dos experimentos (CAAE nº: 63929617.1.0000.5208 – Anexo 1, p. 151).

Cybis (2015) divide as técnicas destinadas à identificação de problemas ergonômicos, de usabilidade e de experiência do usuário em três categorias:

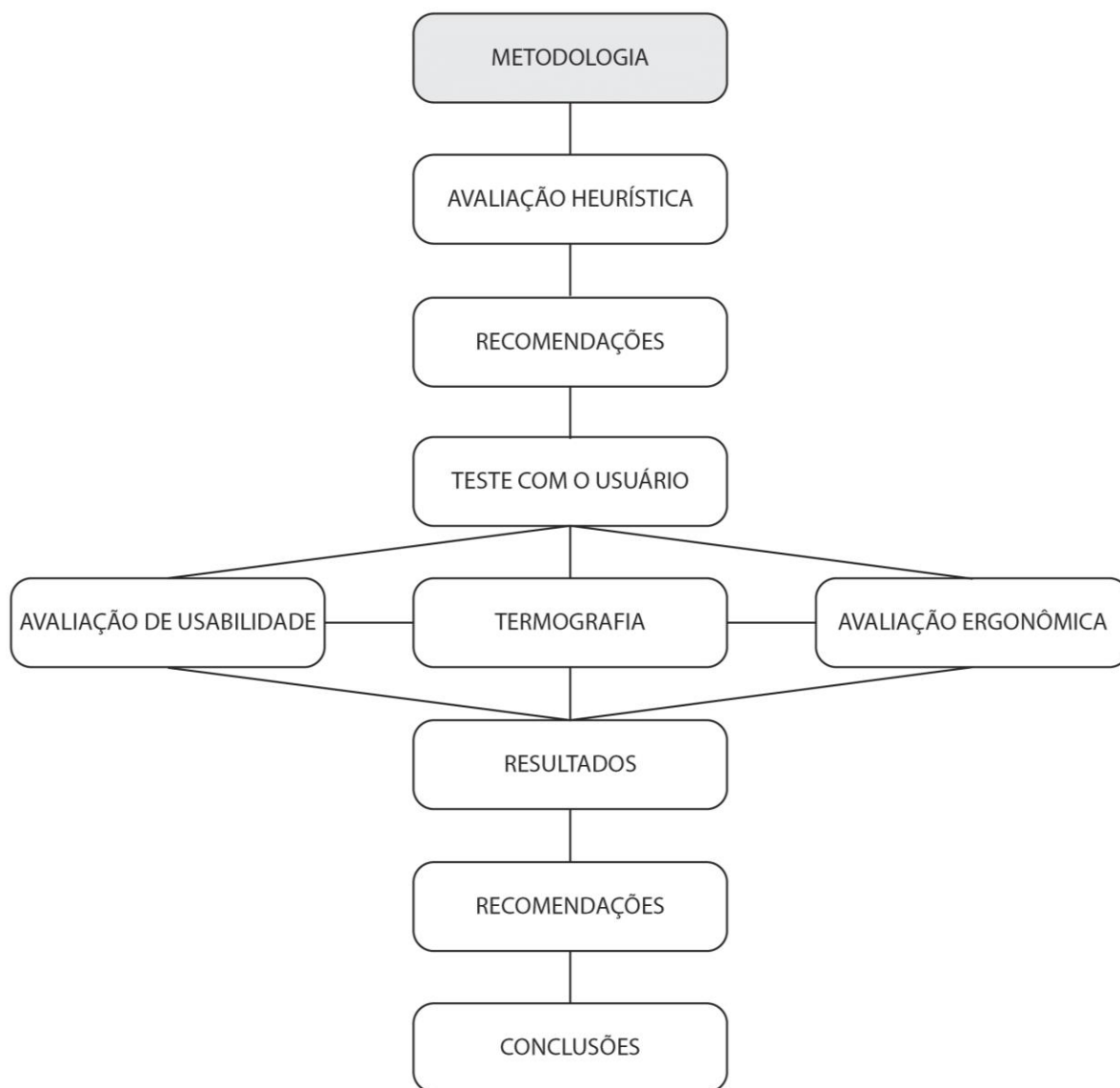
- As inspeções, que ocorrem quando o avaliador utilizar uma lista de verificação para indicar os pontos que devem ser verificados e os critérios que a interface deve satisfazer esses pontos. Trata-se de abordagem sistemática, no entanto, é limitada em suas possibilidades;
- Avaliação por especialista, onde este examina a interface e avalia as características do ponto de vista da adaptação ao usuário e a tarefa que este realiza com o *software*. É uma avaliação mais subjetiva e o resultado depende da competência do avaliador;
- O teste com usuário, onde este é convocado a utilizar a interface diante de um avaliador, que avalia a perda de tempo, o retrabalho, bloqueios na interação, entre outros problemas. É a técnica mais confiável e também a mais dispendiosa.

Tendo em vista as possibilidades dessas três categorias de técnicas de avaliação, utilizamos nesse estudo duas dessas técnicas, a avaliação por especialista para identificação dos problemas de forma preliminar, e em seguida o teste com usuários para comprovação desses problemas e verificações de outros problemas através de testes com usuários reais ou representativos da população-alvo em um contexto de operação real (CYBIS, 2015).

4.1 DIAGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA

O diagrama a seguir mostra a sequência das etapas da metodologia que empregamos nesse estudo (Fig. 26).

Figura 26 - Diagrama da metodologia aplicada no estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Estudo de Campo 1 – Avaliação Heurística da interface do *software* Sculpting manipulada através do dispositivo Leap Motion.

Esse estudo teve como objetivo identificar problemas de uso da interface através de um grupo de cinco avaliadores especialistas na área de usabilidade, tendo como parâmetro os princípios heurísticos ajustados para interfaces gestuais. Os avaliadores utilizam a interface individualmente, pelo tempo que acharem necessário para identificar problemas e utilizam uma tabela com as heurísticas da usabilidade para servirem como parâmetro para avaliação. Essa avaliação é realizada de forma isolada, um especialista por vez, para que a avaliação tenha a particularidade de cada avaliador e evite a influência da opinião de terceiros, em seguida os dados são comparados (MORAES, 2002).

As heurísticas que utilizadas nesse estudo, foram baseadas nos estudos de MAIKE et al., 2015; FALCÃO et al., 2015; CHUAN et al., 2015, onde foram selecionadas as heurísticas que tem relevância para este estudo particular, descartando as que não se relacionam (tachado duplo) e agrupando as que possuem semelhança (tachado) (Tabela 11), com a finalidade de sintetizar as heurística e facilitar a avaliação da interface.

Tabela 9 - Heurísticas de Maike et al. 2015, Falcão et al. 2015 e Chuan et al. 2015

(MAIKE et al., 2015)	(FALCÃO et al., 2015)	(CHUAN et al., 2015)
Modos de operação (6)	Feedback (1)	"Aprendizibilidade" (12)
"Interatividade" (2)	Correspondência e Reconhecimento (2)	Carga de Trabalho Cognitivo (Várias)
Adequação de metáforas (2)	Saída Claras Indicadas (3)	Adaptabilidade (7)
"Aprendizibilidade" (12)	Prevenção de Erros (4)	Ergonomia (10)
Equilíbrio de Operação (9)	Reversibilidade de Ações (4)	
Navegação (9)	Clareza (5)	
Conforto (10)	Consistência (6)	
Espaço (10)	Compatibilidade (7)	
Engajamento (11)	Ajuda e Documentação (8)	
Compatibilidade dispositivo-tarefa (7)	Recursos do Usuário (9)	
Aceitação social (11)		
Consciência de outros		
Comunicação de duas vias		

Fonte: Elaborado pelo autor

Com isso, foi possível chegar a 12 heurísticas que se assemelham a essência dos princípios heurísticos já consolidados de Nielsen (1995) e Jordan (1998) que foram sintetizados por Falcão et al. (2015), com o acréscimo das contribuições de Maike et al. (2015) e Chuan et al. (2015), além de uma sintetização e adaptação final realizada nessa pesquisa, com o objetivo de focar no objeto de estudo (Tabela 12).

Tabela 10 - Heurísticas selecionadas para o estudo e perguntas guia

Heurísticas	Pergunta
1. Feedback	O produto indica ao usuário o que está acontecendo? Os sinais são compreensíveis?
2. Correspondência e Reconhecimento	As operações para as ferramentas são visíveis ao usuário? As informações mais importantes são facilmente visualizadas pelos usuários? A linguagem utilizada é adequada? As informações aparecem em uma ordem natural e lógica?
3. Saídas Claras Indicadas	O sistema permite ao usuário cancelar uma função? O sistema permite ao usuário sair facilmente de uma função indesejada?
4. Prevenção e Correção de Erros	O sistema prevê mensagens de erros? As mensagens de erros sugerem uma solução para ajudar o usuário a resolver o problema? O sistema permite desfazer ações?
5. Clareza	O artefato dá indícios de funcionalidades e método de operação?
6. Consistência	As tarefas semelhantes são realizadas de forma semelhante? O produto fornece sugestões quanto a sua funcionalidade e método de operação?
7. Compatibilidade e Adaptabilidade	A realização de cada tarefa é compatível com o conhecimento do usuário a partir de outros produtos similares? O sistema prevê os diferentes tipos de usuário e permite a adaptação conforme suas capacidades?
8. Ajuda e Documentação	As informações contidas nas instruções são fáceis de entender? Os passos para execução das tarefas estão adequados as necessidades dos usuários?

	E fácil encontrar soluções para problemas específicos?
9. Recursos do Usuário	A configuração do produto leva em consideração os recursos físicos do usuário? As configurações do aplicativo levam em consideração a demanda cognitiva do usuário?
10. Conforto	O usuário sente algum desconforto ao utilizar o produto? Após o uso o usuário sente algum desconforto?
11. Imersão	O usuário tem a sensação se está interligado com o sistema? O usuário sente algum constrangimento ao realizar algum movimento?
12. Aprendizibilidade	Os comandos são fáceis de aprender? Existe algum comando incompatível com a tarefa?

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao final os avaliadores apresentam um relatório com as anotações relacionadas as heurísticas para interfaces gestuais. Além dos comentários, cada item possui uma escala de níveis de gravidade de 0 a 4, quanto maior a numeração, mais elevada a inconformidade e a necessidade da correção do problema.

Essa avaliação serve para detecção de problemas e seleção das tarefas para a elaboração do teste que foi posteriormente realizado por usuários não especialistas na área de usabilidade, com o objetivo de verificar como os usuários comuns avaliam o uso da interface do Sculpting utilizando o Leap Motion como dispositivo de entrada.

4.3 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE (TESTE COM USUÁRIOS)

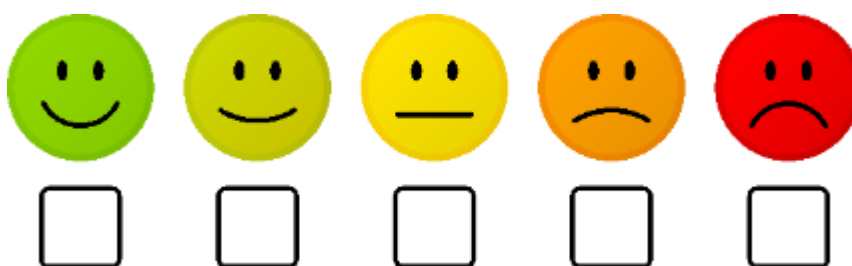
Estudo de Campo 2 – Avaliação de Usabilidade da interface do *software* Sculpting manipulada através do dispositivo Leap Motion.

Na avaliação de usabilidade foi desenvolvido um teste com uma sequência de tarefas a serem realizadas pelo usuário. Essas tarefas são desenvolvidas conforme as orientações dos especialistas na avaliação heurística, posteriormente, foram testadas com usuários reais para comprovar os problemas através da experiência relatada no questionário e da observação do especialista durante a realização do teste, seguindo o modelo de avaliação utilizado por Vosinakis et al. (2016), com as seguintes etapas:

- Apresentação – Explicação dos efeitos do presente estudo, instruções sobre o teste e recomendações ergonômicas;
- Familiarização – O usuário deve explorar livremente o *software* e expressar seus pensamentos sobre a experiência através da linguagem verbal, ou seja, a verbalização simultânea (Cybis et al., 2015);
- Início do teste – É apresentada uma sequência de tarefas para serem executadas sem interrupção. Serão registrados o tempo e a número de erros cometidos;
- Pós-teste – Observações pós-teste e questionário;
- Diagnóstico – Análise das informações coletadas no testes.

Os usuários tiveram 15 minutos para conhecerem o dispositivo Leap Motion e o *software* Sculpting, e receberam instruções de uso e ergonômicas para prevenir danos ao usuário. Após esse primeiro contato de aprendizagem, tendo como referência os procedimentos utilizados na avaliação de usabilidade de Barros (2016), os usuários foram fotografados com uma câmera termográfica e filmados com uma câmera digital convencional. Em seguida foi apresentado um questionário contendo perguntas sobre pontos importantes da interface, e estes foram avaliados por meio da escala de Likert de 5 âncoras, que são: muito satisfeito, satisfeito, nem muito nem pouco satisfeito, insatisfeito e muito insatisfeito (Fig. 27), utilizadas para medir a satisfação do usuário conforme os parâmetro destacado no questionário.

Figura 27 - Escala de Likert de 5 âncoras



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1 SALA DE TESTE

Os testes de usabilidade com os usuários foram realizados em uma sala climatizada por ar condicionado (22° C), o ambiente de trabalho possuía notebook, suporte para notebook, teclado, mouse, dispositivo Leap Motion, mesa e cadeira. Um facilitador,

instruiu as tarefas ao usuário, observando a realização das atividades e operando as câmeras no início e final do teste (Cybis et al., 2015) (Fig. 28).

O usuário foi previamente avisado que seriam realizadas gravações audiovisuais com câmera digital, registros visuais com câmera termográfica e tela do computador, que foram utilizadas exclusivamente para auxiliar na análise de usabilidade, onde a identidade e a privacidade do mesmo foi preservada.

Figura 28 - Vista em planta baixa da sala de teste



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2 GESTÃO DO CONSTRANGIMENTO

De acordo com Cybis et al. (2015), é provável que ocorra o constrangimento durante a realização de teste com o usuário, pelo fato de que nessa atividade ocorre a observação de uma pessoa trabalhando com um sistema interativo e com eventuais problemas de usabilidade. Cabendo ao pesquisador utilizar estratégias para limitar o nível de constrangimento, tendo em vista que isso poderá comprometer a integridade psicológica do participante e consequentemente a validade dos resultados obtidos. Deste modo, foram tomados os seguintes cuidados, recomendados pelos autores, durante a realização dos testes:

- Foi esclarecido ao participante sobre os objetivos do teste, enfatizando que o sistema é o foco da avaliação, e não ele (usuário);

- Os participantes eram voluntários e em nenhuma hipótese foram forçados ou pressionados a participar do estudo;
- Os resultados não representam nenhuma ameaça física ou cognitiva para os participantes. Seus nomes foram guardados confidencialmente e não aparecerão nos relatórios;
- Os participantes não foram expostos a observação ou comentários de terceiros;
- Foi aberta uma opção de pausa caso o participante se sentisse cansado ou constrangido;
- Caso o constrangimento fosse maior, seria preferível encerrar o teste, agradecer o usuário e liberá-lo.

4.3.3 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DE USUÁRIOS

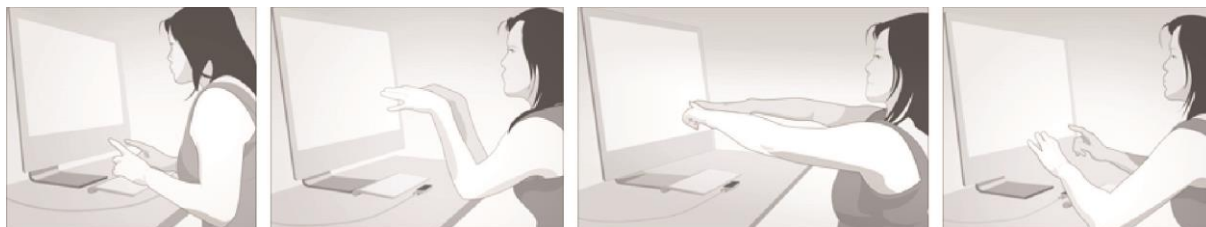
Nielsen (2006) recomenda para estudos quantitativos o número de 20 participantes, sendo possível obter um intervalo de confiança razoavelmente apertado. No entanto, para estudos qualitativos, o autor recomendam cinco usuários. Dumas (1999), indica que para teste de usabilidade de 6 a 12 usuários em 2 ou 3 subgrupos. Contudo, por envolver a ferramenta da termografia digital por infravermelho, necessitamos de uma amostragem maior, para possuir resultados mais expressivos e que facilitem a conclusão das hipóteses levantadas. Tendo em vista que Barros et al. (2016), realizou um estudo de usabilidade envolvendo termografia e que utilizou um número de 12 voluntários, sendo possível encontrar resultados satisfatórios com essa amostragem, decidimos utilizar amostra de mesmo número, de 12 usuários para este estudo.

4.4 AVALIAÇÃO ERGONÔMICA

A partir das observações dos usuários em uso, filmagem com câmera digital convencional e com câmera termográfica durante a realização dos testes, foi realizada uma análise ergonômica com intuito de identificar problemas referentes a ergonomia física como: postura, manuseio, movimentos inadequados, entre outros, com o objetivo de propor recomendações para melhoria dessas condições.

O fabricante do Leap Motion recomenda as posturas corretas (Fig. 29) e demonstra as posturas incorretas (Fig. 30) que o usuário deve ou não utilizar para realizar os gestos. Essas instruções foram apresentadas previamente para os participantes do teste.

Figura 30 – Posturas recomendadas



Fonte: Leap Motion (2016)

Figura 29 - Posturas incorretas



Fonte: Leap Motion (2016)

Porém, após o capítulo do estudo de campo trataremos de analisar se essas posturas estão realmente de acordo com as necessidades dos usuários, e se eles conseguem permanecer pelo tempo necessário para realizar suas atividades sem sentirem incômodo. Deste modo, utilizaremos a câmera de termografia por infravermelho para verificar esses esforços durante a realização do teste.

Para análise do movimento dos membros superiores utilizamos o método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), traduzindo para o português, Avaliação Rápida dos Membros Superiores. E, esse método consiste na observação dos movimento do usuário durante a realização da atividade e o preenchimento do formulário RULA (Anexo 2, p. 158 e 159). Este formulário contém ilustrações dos movimentos dos braços (direito e esquerdo) com diferentes angulações e o pesquisador assinala os movimentos realizados pelos usuário, ao final esses dados são preenchidos eletronicamente no site da Osmond *Ergonomics* (<http://www.rula.co.uk/>) e o diagnóstico ergonômico é disponibilizado.

Após a obtenção dos dados da análise da ergonomia física, as informações foram analisadas conforme indicações da literatura e também foram relacionados com os

resultados da análise de usabilidade, com a finalidade de averiguar se interferiram no desempenho dos usuários durante a manipulação da interface do Sculpting.

O próximo capítulo apresentaremos aplicação da metodologia em 3 estudos de campo: Avaliação Heurística da Interfaces Gestual (especialistas em usabilidade); e Avaliação de Usabilidade e Avaliação Ergonômica (12 usuários reais) com o auxílio da termografia digital por infravermelho, onde foram avaliados o aspectos físicos e as mudanças do nível de estresse dos participantes após o uso da interface gestual analisada.

5 ESTUDO DE CAMPO

Os procedimentos de pesquisa contemplam os quatro princípios da Bioética – beneficência, não maleficência, justiça e equidade – e encontram-se baseados na Resolução 466/12 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde, para estudos envolvendo seres humanos. A coleta dos dados desta pesquisa foi condicionada à submissão e análise pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e só foi iniciada após sua aprovação (CAAE nº: 63929617.1.0000.5208 – Anexo 1, p. 151). O estudo foi explicado verbalmente pelo pesquisador aos voluntários, e após sua aceitação o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi chancelado por meio de assinatura pelos participantes (Apêndice A, p. 154 a 156). O anonimato e preservação integral do(a) participante estão assegurados e todas as informações possuem cunho confidencial, sendo divulgados os resultados unicamente em eventos ou publicações científicas, garantindo a não identificação dos voluntários.

Os dados coletados nesta pesquisa foram: gravações, entrevistas, fotos, filmagens e questionários. Eles ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, pelo período mínimo 5 anos. As informações serão utilizados, única e exclusivamente, para a execução do projeto em questão. Assim, o sigilo e a privacidade dos voluntários serão preservados e assegurados, em que os resultados da pesquisa somente serão apresentados de forma anônima, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras formas que possam identificar o voluntário.

5.1 ESTUDO DE CAMPO I – AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Conforme os procedimentos apontados no subcapítulo 4.1 a “Avaliação Heurística” é uma técnica no qual especialistas examinam a usabilidade de uma interface orientando-se por heurísticas, princípios ou critérios ergonômicos (CYBIS et al., 2015). Neste caso, foram desenvolvidas de forma personalizada, tendo em vista que não existiam heurísticas para avaliar interfaces de *softwares* de modelagem 3D com a interação através de gestos livres no ar. Essas heurísticas foram baseadas nos estudos de MAIKE et al., 2015; FALCÃO et al., 2015; CHUAN et al., 2015, como já citado anteriormente.

A avaliação foi realizada por cinco especialistas nas áreas de Ergonomia e Usabilidade, sendo quatro especialistas com experiência na área entre dois e três anos e um especialista com 17 anos de experiência. Todos já haviam realizado algum tipo de Avaliação Heurística anteriormente. Entre os especialistas, três possuem graduação em Design, 1 em Psicologia e 1 em Arquitetura e Urbanismo. Três participantes com especialização na área de Ergonomia, e todos com participantes com mestrado e/ou doutorado concluído, ou em andamento, na área de Design, na linha de pesquisa Ergonomia e Usabilidade. Os voluntários tinham idade entre 27 e 41 anos, 3 do sexo feminino e 2 do masculino.

A avaliação durou cerca de 40 minutos por especialista. Dentre eles, (40%, n=2) já haviam utilizado o dispositivo Leap Motion anteriormente para conhecer e testar o produto, e (60%, n=3) nunca tinham testado o dispositivo. Apenas (10%, n=1) já haviam utilizado o Leap Motion com o *software* Sculpting.

O procedimento para avaliação heurística seguiu as seguintes etapas:

- Preenchimento e assinatura do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE);
- Explicação do estudo por parte do pesquisador;
- Inspeção da interface;
- Preenchimento do formulário através do Formulários Google.

A etapa de inspeção seguiu as seguintes tarefas na interface:

- Ver tutorial de uso (*General>Tutorial*);
- Selecionar esfera (*Object*);
- Selecionar ferramenta (*Tool*);
- Selecionar dimensão da ferramenta (*Size*);
- Esconder menu (Gesto apresentado no tutorial chama-se "*Hide Menu*");
- Esculpir objeto (Cogumelo do jogo Mario Bros, Fig. 31, p. 83);
- Mostrar menu (Gesto apresentado no tutorial chama-se "*Show Menu*");
- Pintar (*Color*);

- Salvar projeto.

Outras ferramentas do menu também foram utilizadas, quando o avaliador achou necessário.

Figura 31 - Cogumelo do jogo Mario Bros



Fonte: Universo Mario (2017)

5.1.1 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

Para realização desse experimento, foram desenvolvidas as 12 heurísticas que se assemelham à essência dos princípios heurísticos já consolidados de Nielsen (1995) e Jordan (1998), e que foram sintetizados por Falcão et al. (2015), com o acréscimo das contribuições de Maíke et al. (2015) e Chuan et al. (2015). Além disso, houve também uma sintetização e adaptação final realizada nessa pesquisa, com o objetivo de focar no objeto de estudo, e que foram utilizadas para avaliar a interface, com um total 5 especialistas.

Nos gráficos que serão apresentados foi utilizada uma escala de 0 a 4, cada número representa o grau de importância do problema e necessidade de correção, que são:

- 0 - SEM IMPORTÂNCIA: não afeta a operação da interface para todos usuários, não sendo considerado necessariamente como um problema de usabilidade;
- 1 – PROBLEMA COSMÉTICO: não necessita ser reparado, a menos que haja tempo disponível;
- 2 – PROBLEMA SIMPLES: pode ser reparado, com baixa prioridade de correção;
- 3 – PROBLEMA GRAVE: deve ser reparado, com alta prioridade de correção;

- 4 – PROBLEMA CATASTRÓFICO: deve ser reparado de qualquer forma antes do produto ser disponibilizado.

Os resultados das heurísticas foram:

1) **Feedback:**

Para avaliar cada heurística, foram elaboradas perguntas para direcionar a avaliação dos especialistas. Sobre o Feedback, quando questionados se a interface indica ao usuário o que está acontecendo e se os sinais são compreensíveis, (40%, n=2) assinalaram problema grave, (40%, n=2) assinalaram problema simples, e (20%, n=1) assinalaram problema cosmético na escala de importância do problema (Fig. 32).

Figura 32 – Gráfico da Heurística Feedback



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

- Ausência de *feedback* sobre como desfazer uma ação e como fazer o menu reaparecer na tela principal;
- As informações de *feedback* são pouco visíveis, não existe sons de erros, ao interagir com o menu, e muitas vezes existe a dúvida se a opção foi selecionada corretamente. Os elementos gráficos poderiam ser mais evidentes, e os sons poderiam alertar o usuário a seleção de uma ferramenta ou outra opção no menu.
- Texto em língua inglesa atrapalha a compreensão dos usuários que não falam inglês. O *feedback* é observado ao longo da tarefa, ou seja, quando o usuário

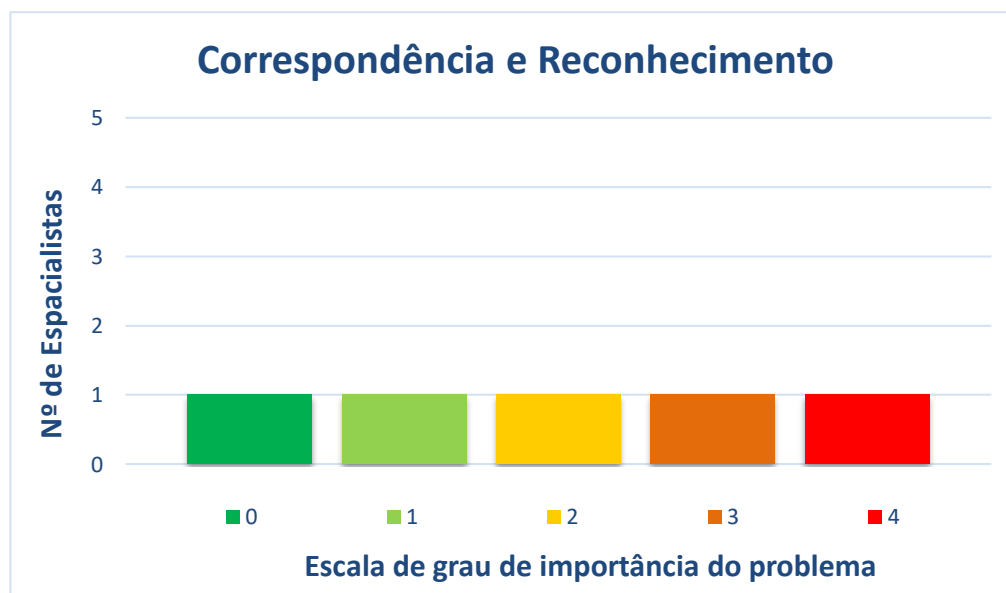
executa alguma ação é observado o resultado instantaneamente. Para facilitar, a área a ser modificada deveria ser "selecionada" antes de modificada, ou seja, o usuário coloca sua mão no sensor, a área do objeto virtual "tocada" pelas mãos é selecionada para que o usuário saiba onde suas mãos irão atuar, em que só depois disso a ação iria proceder. Da maneira como foi elaborado, o usuário iniciante não tem noção muito clara de onde suas mãos estão atuando e não sabe quando identifica a deformação do objeto.

- As funções selecionadas ficam com pouco destaque;
- Neste ponto estou analisando o *software*, visto que o dispositivo *Leap Motion* não apresenta nenhum *feedback*. O *software* indica de forma satisfatória o que está acontecendo em tela.

2) Correspondência e Reconhecimento:

Quando questionados se as operações para as ferramentas são visíveis ao usuário, se as informações mais importantes são facilmente visualizadas pelos usuários e se a linguagem utilizada é adequada, cada avaliador selecionou um grau diferente de importância do problema (Fig. 33).

Figura 33 – Gráfico da Heurística Correspondência e Reconhecimento



Fonte: Elaborado pelo autor

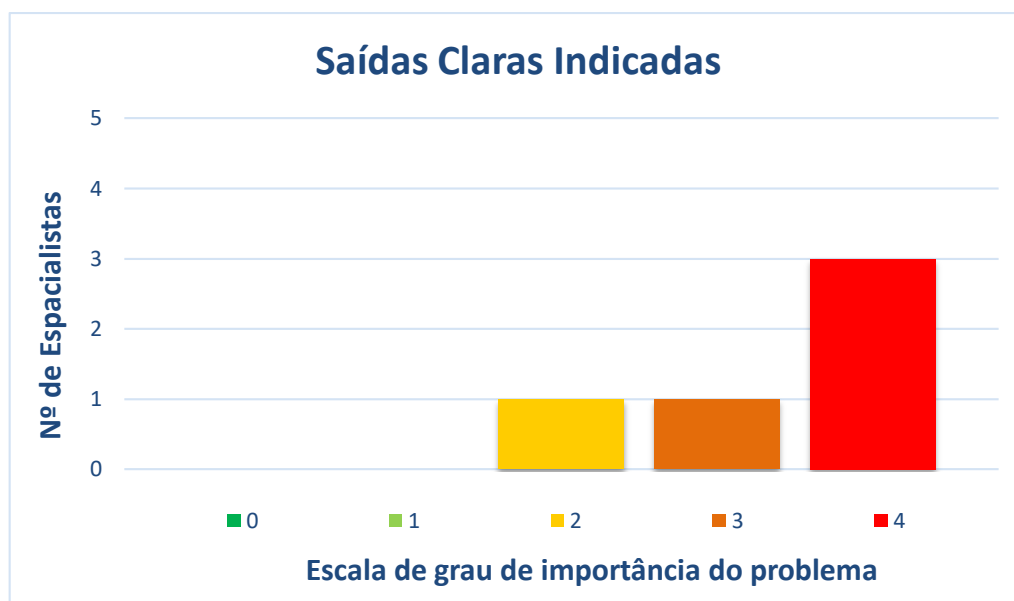
Os comentários sobre os problemas foram:

- Caso o usuário tenha optado para o menu ficar em segundo plano, as ferramentas ficam invisíveis e são difíceis de serem acessadas com os comandos informados no tutorial. O *Leap Motion* não apresenta uma boa calibragem em relação aos movimentos executados pelos usuários e nem sempre rastreia adequadamente o movimento para que o usuário complete a ação que está executando. O fato do idioma ser apenas em inglês restringe demais o acesso à informação. Deveria haver um menu com outras opções de idiomas para que o usuário escolhesse e selecionasse.
- O menu não indica com clareza as opções mais importantes. Utiliza apenas a linguagem verbal escrita em inglês e algumas opções não estão organizadas de forma adequada, levando o usuário a errar e tentar descobrir a localização do comando que quer executar, e o cursor não é muito visível na interface. O menu poderia estar localizado em uma área mais isolada e evidente, os elementos gráficos como ícones poderiam dar redundância a informação textual das opções do menu. O cursor deve contrastar com os elementos da interface, para ficar mais visível.
- Sim, porém poderia aparecer na língua portuguesa.
- Todas as ferramentas disponíveis são apresentadas com a mesma configuração de menu. e as mais importantes poderiam merecer melhor destaque. O tipo de menu utilizado é adequado para o uso de uma interface gestual, no entanto precisaria de alguns ajustes para melhor se adequar com as limitações do dispositivo Leap Motion.

3) Saídas Claras Indicadas:

Com relação a Saídas Claras Indicativas, foi questionado se o sistema permite ao usuário cancelar uma função e se o sistema permite ao usuário sair facilmente de uma função indesejada. Um total de (60%, n=3) assinalaram problema catastrófico, (20%, n=1) problema grave, e (20%, n=1) problema simples (Fig. 34, p. 87).

Figura 34 – Gráfico da Heurística Saídas Claras Indicativas



Fonte: Elaborado pelo autor

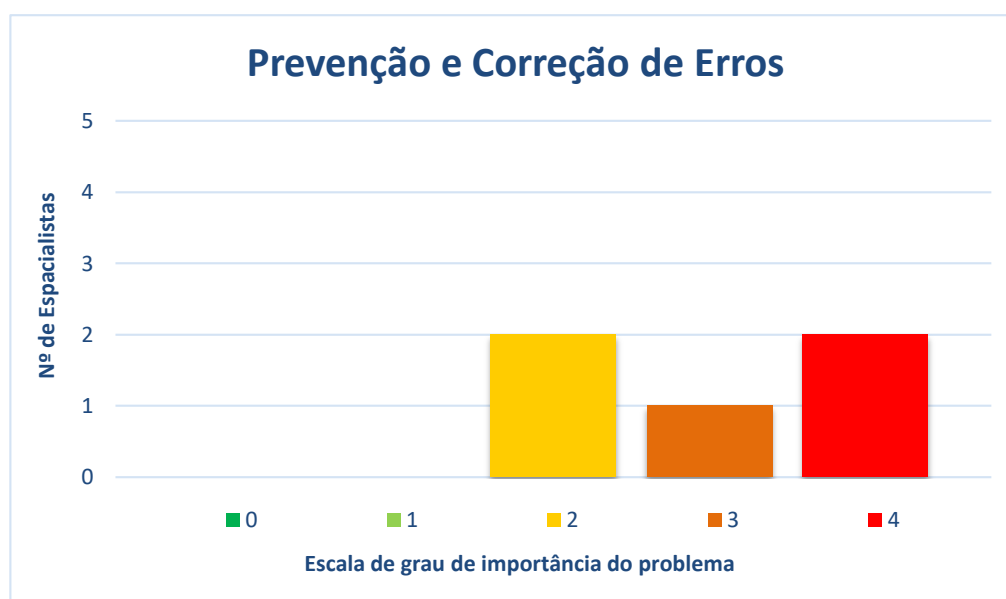
Os comentários sobre os problemas foram:

- As opções estão muito difíceis de ser encontradas e o usuário precisa procurar e lembrar dos locais de opções básicas. Para desfazer ou cancelar uma modelagem ou pintura errada, é necessário executar o gesto de apontamento e selecionar a opção várias vezes. É possível realizar atalhos no teclado (Ctrl + Z), porém o usuário tem que descobrir sozinho. Deve existir uma organização das opções do menu de forma similar a outros *softwares*, o comando desfazer deve ser mais acessível e fácil de ser executado e os comandos de atalho devem ser apresentados para os usuários conhecerem.
- Encontrei várias dificuldades. Algumas ações foram realizadas diversas vezes até atingir o objetivo. Creio que uma calibração inicial do "espectro triangular" que reconhece os movimentos seria providencial, pois depois de calibrar a dimensão das mãos do usuário é possível que o sistema reconheça mais facilmente os movimentos.
- Ele poderia usar símbolos universais. Como o X em vermelho para fechar ou cancelar a função, de forma que ficasse bem visível na tela.
- Não consegui identificar de forma fácil a opção sair, tinha muita dificuldade de voltar para o menu principal.

4) Prevenção e Correção de Erros:

Quando questionados se o sistema prevê mensagens de erros, se as mensagens de erros sugerem uma solução para ajudar o usuário a resolver o problema e se o sistema permite desfazer ações. (40%, n=2) assinalaram problema catastrófico, (40%, n=2) assinalaram problema simples, e (20%, n=1) assinalaram problema grave (Fig. 35).

Figura 35 – Gráfico da Heurística Prevenção e Correção de Erros



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

- O sistema não disponibiliza uma ajuda facilmente identificável pelo usuário.
- Existem poucas mensagens de erros ou alerta na interface. Apenas pergunta se o usuário deseja sair do programa, salvar ou mudar o tipo de objeto a ser modelado. No entanto, quando o usuário não consegue executar gestos corretamente e está com dificuldade de selecionar o menu, nada acontece para auxiliá-lo. Os erros cometidos pelos usuários devem ser expostos na interface, assim como soluções para esses erros. Antes de iniciar a modelagem, deve existir uma calibragem do cursor para que o usuário perceba os limites de movimentação na interface.
- Até onde utilizei sim, mas as ações do tipo "voltar uma ação" deveriam ser mais informativas. Por exemplo, no *software* Photoshop as ações executadas são

listadas e é possível retornar uma a uma. Possibilidades desse tipo são interessantes para quem trabalha com modelagem 3D.

- Não visualizei mensagens de erro. Mas o sistema permite desfazer funções de forma descomplicada. Depois que você recebe as instruções.
- Não consegui identificar este recurso.

5) **Clareza:**

Os especialistas foram questionados se o artefato dá indícios de funcionalidades e o método de operação. Um total de (80%, n=4) assinalaram problema catastrófico, e (20%, n=1) problema simples (Fig. 36).

Figura 36 – Gráfico da Heurística Clareza



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

- Ao selecionar uma opção do menu, o aplicativo deveria abrir uma tela com informações do que é e para que serve aquela função.
- Aparentemente é simples utilizar o programa, apesar de poucos elementos gráficos evidentes. A interface deve utilizar mais elementos gráficos para tornar as informações mais claras e reduzir elementos textuais.
- Boa parte dos menus e ícones são compreensíveis, mas alguns precisam ser revistos pois podem confundir o usuário.
- Não com muita clareza, principalmente se o usuário não falar inglês.
- Neste quesito analiso o dispositivo *Leap Motion*. As instruções de como realizar os gestos identificados pelo dispositivo não são apresentados de forma clara, é

preciso várias tentativas para de fato conseguir um reconhecimento dos gestos.

6) **Consistência:**

Sobre a heurística consistência o questionamento foi se as tarefas semelhantes são realizadas de forma análoga e se a interface fornece sugestões quanto à sua funcionalidade e método de operação. Os avaliadores apresentaram visões variadas sobre o grau dos problemas, onde (40%, n=2) assinalaram problema simples, (20%, n=1) problema cosmético, (20%, n=1) problema grave, e (20%, n=1) problema catastrófico (Fig. 37).

Figura 37 – Gráfico da Heurística Consistência



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

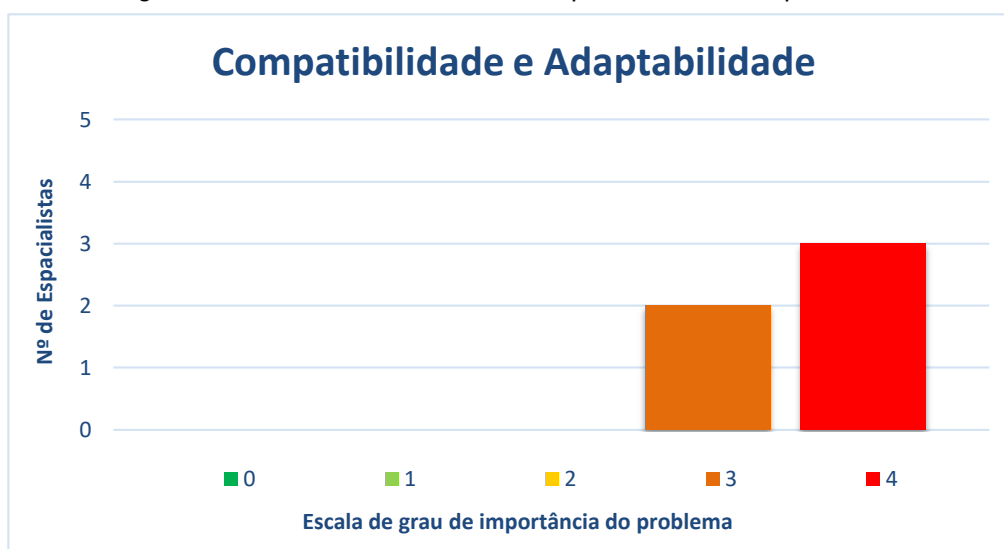
- Por ser gestual, a maioria dos comandos diferem do que é realizado em interfaces convencionais. Além disso, os gestos no aplicativo nem sempre correspondem aos gestos que o usuário costuma fazer no mundo físico, o que dificulta a execução da tarefa. Como se trata de um ambiente de modelagem, os gestos deveriam se aproximar das ações executadas no mundo físico. Exº: uso de gestos semelhantes aos empregados enquanto se utiliza uma massinha de modelar.
- A interface não oferece muitas sugestões com relação à funcionalidade, apenas na opção Tutorial, em que é possível conhecer as funções do *software* e nos desenhos simbolizando as ferramentas no menu Tools. Poderia existir animações mostrando a funcionalidade de cada tarefa, caso o usuário deseje aprender qual a função de cada opção do menu.
- Tem um tutorial, porém em língua inglesa.

- Apenas consegui identificar consistência nos gestos para seleção do menu. Durante o processo de modelagem encontrei bastante dificuldade de compreender os gestos.

7) Compatibilidade e Adaptabilidade:

Para avaliar a Compatibilidade e Adaptabilidade da interface, foi questionado se a realização de cada tarefa é compatível com o conhecimento do usuário a partir de outros produtos similares e se o sistema prevê os diferentes tipos de usuário e permite a adaptação conforme suas capacidades. Assim, (60%, n=3) dos avaliadores assinalaram problema catastrófico, e (40%, n=2) problema grave (Fig. 38).

Figura 38 – Gráfico da Heurística Compatibilidade e Adaptabilidade



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

- O sistema não se adapta ao usuário. O usuário perde muito tempo tentando se ajustar ao equipamento, o que gera desconforto e frustração. O conhecimento do usuário a partir de produtos similares fica limitado ao reconhecimento das ferramentas e de algumas funções, o que fica prejudicado pela dificuldade em executar os gestos e desfazer ações indesejadas.
- A seleção das opções no menu fogem dos padrões encontrados em outros produtos similares, a interface não prevê os diferentes tipos e usuários. O sistema deve se ajustar aos diferentes tipos de mãos e ser calibrado de acordo com o usuário e suas limitações de movimento.
- Não conheço outros sistemas desse tipo, onde os gestos são capturados por um

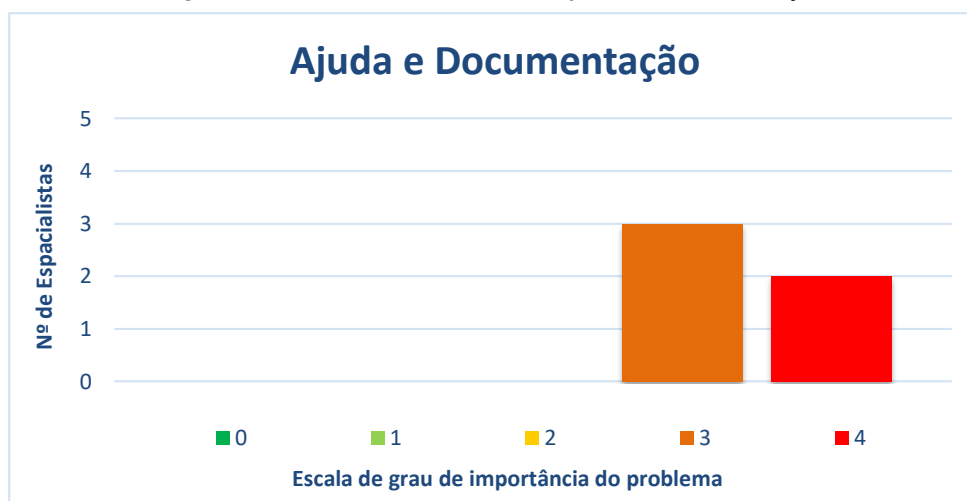
sensor e transferido para o *software*. Porém não identifiquei nenhuma adaptação às minhas capacidades. Repito, se houvesse algum tipo de calibração talvez fosse mais fácil de utilizar.

- Para mim, foi compatível em relação às formas, apenas.
- Não identifiquei compatibilidade com outros produtos.

8) Ajuda e Documentação:

Sobre a Ajuda e Documentação as perguntas foram se as informações contidas nas instruções são fáceis de entender, se os passos para execução das tarefas estão adequados as necessidades dos usuários, e se é fácil encontrar soluções para problemas específicos. Como resultado teve-se que (60%, n=3) assinalaram problema grave, e (40%, n=2) assinalaram problema catastrófico (Fig. 39).

Figura 39 - Gráfico da Heurística Ajuda e Documentação



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

- A ajuda não é facilmente encontrada pelo usuário. O tutorial apresentado no início não apresenta informações suficientes. O usuário apresenta dificuldades para resolver os problemas com a interface.
- As instruções do tutorial não são evidentes, levando a dúvida como os gestos devem ser executados, além de que não são suficientes para conhecer todas as opções que o *software* disponibiliza. As soluções dos problemas não são fáceis e muitas vezes é necessário começar a modelagem do zero, para poder resolver o problema de alguma modelagem errada. A interface deveria apresentar soluções

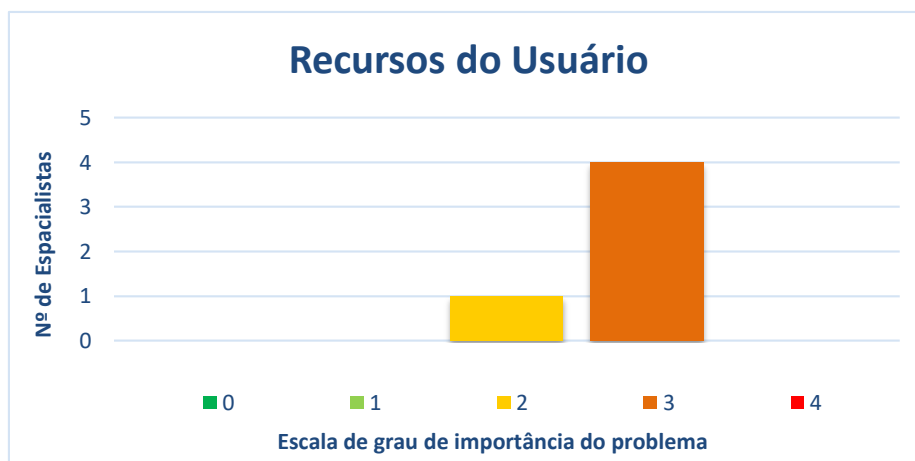
mais convenientes, o comando de desfazer e refazer deveria ser mais simplificado.

- Não utilizei totalmente as opções do tutorial, mas as que utilizei apresentam mensagens e imagens que permitem certa compreensão, em especial aos usuários que possuam alguma experiência com *software* 3D.
- O programa é todo em inglês, não é muito intuitivo para quem vai modelar pela primeira vez e não conhece o idioma.
- O sistema de ajuda é acessível, porém não ajuda ao usuário iniciante. Não identifiquei a possibilidade de aprender a usar os gestos apenas com esta função, somente depois de muito treino pode ser possível dominar as ferramentas e iniciar uma modelagem.

9) Recursos do Usuário:

Sobre os Recursos do Usuário, o questionamento foi se a configuração do produto leva em consideração os recursos físicos do usuário e se as configurações do aplicativo levam em consideração a demanda cognitiva do usuário. Um total de (80%, n=4) marcou problema grave, (20%, n=1) assinalaram problema simples (Fig. 40).

Figura 40 - Gráfico da Heurística Recursos do Usuário



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

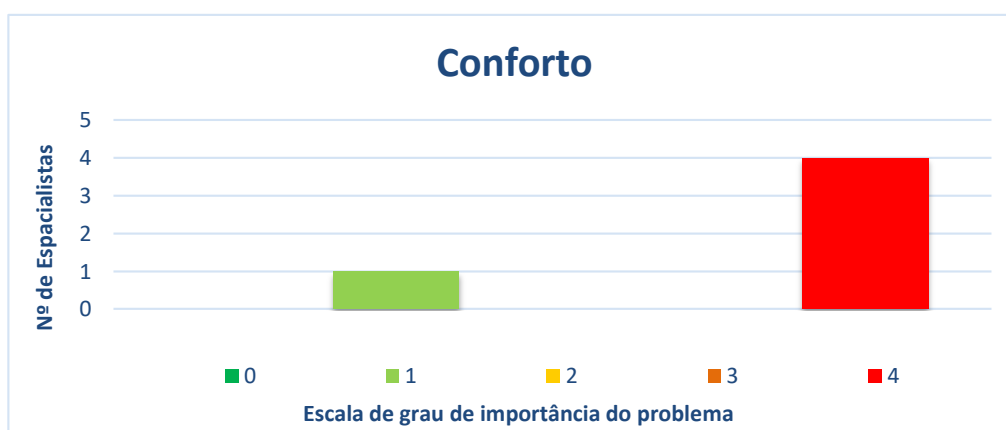
- Os gestos da interface nem sempre correspondem aos gestos que fazem parte do repertório dos usuários, àquilo que os usuários estão familiarizados, o que gera conflito cognitivo na hora de escolher as opções e maior esforço mental durante a execução das ações.

- A interface não considera os diferentes tipos de usuário. Deveria existir níveis de configuração da interface, para usuários iniciantes, intermediários e experts.
- Se o usuário tem alguma experiência com *softwares* 3D é mais fácil de compreender. Creio que o processo de calibração já é um tipo de "treino". Um tutorial com vídeo demonstrativo talvez possa ajudar a compreender a funcionalidade.
- Quem não tem um repertório com programas de modelagem, acredito que tenha uma maior dificuldade em utilizar. Em relação aos recursos físicos, qualquer limitação nos braços ou se o usuário estiver até mesmo machucado, fica difícil conduzir o produto.
- O dispositivo tem dificuldades para reconhecer alguns gestos dependendo da posição dos dedos, ou mesmo da configuração da mão do usuário. Porém o mais difícil foi utilizar as duas mãos, pois os gestos não eram reconhecidos facilmente.

10) Conforto:

Sobre o Conforto, os avaliadores foram questionados se o usuário sente algum desconforto ao utilizar o produto e se após o uso o usuário sente algum desconforto. Um total de (80%, n=4) assinalaram problema catastrófico, e (20%, n=1) marcaram problema cosmético (Fig. 41).

Figura 41 - Gráfico da Heurística Conforto



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

- Durante o uso do aplicativo, enquanto modela, o usuário assume posturas inadequadas que ocasionam desconforto na região lombar e, principalmente, nos

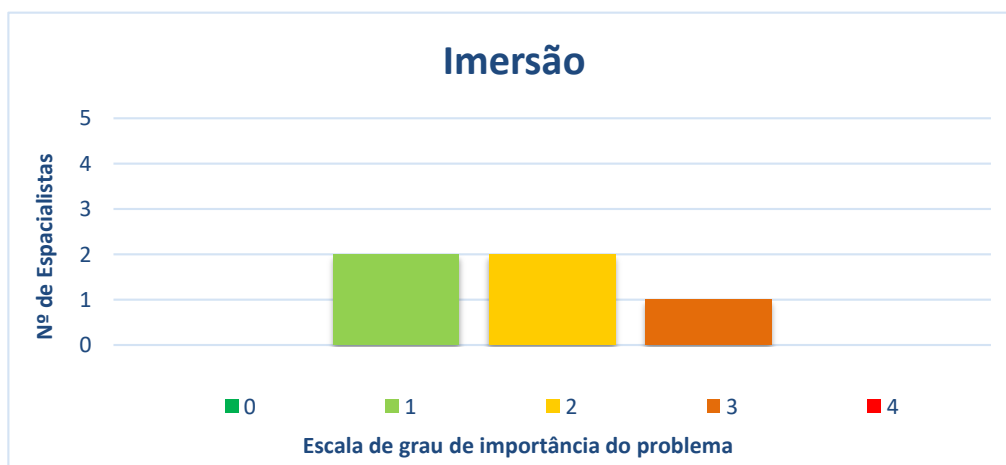
ombros.

- Por utilizar bastante o comando de apontamento, é necessário ficar muito tempo com as mãos e braços levantados, o que leva a um cansaço dos braços, ombros e tronco. Deveria existir instruções ergonômicas para melhorar a postura e movimentos. O comando de apontamento deveria ser limitado a algumas funções e ser feito o uso de gestos mais rápido e simples.
- O uso requer a elevação dos membros superiores. E este processo causa fadiga muscular. Como o sistema capta qualquer movimento, certamente (e passei por isso) qualquer movimento involuntário causado pela fadiga irá modificar o objeto que está sendo modelado.
- Bastante. A repetição dos movimentos e a resposta do programa do programa, que às vezes demora, faz com que a pessoa sinta fadiga com pouco tempo de uso.
- Acredito que por utilizar o dispositivo pela primeira vez com este tipo de *software* tenha realizado um esforço maior o necessário e como consequência senti um leve cansaço nos braços.

11) Imersão:

Com relação à imersão, as perguntas foram se o usuário tem a sensação de estar interligado com o sistema e se ele sente algum constrangimento ao realizar algum movimento. Como resultado teve-se que (40%, n=2) assinalaram problema simples, (40%, n=2) problema cosmético, e (10%, n=1) problema grave (Fig. 42).

Figura 42 - Gráfico da Heurística Imersão



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

- A sensação de estar integrado ao sistema fica prejudicada devido: 1) ao fato do usuário nem sempre conseguir executar o comando com eficiência e eficácia e 2) de obter o resultado que desejado após a execução do comando.
- É possível ter uma sensação de imersão, porém como existem muitos problemas de interface gráfica, interação e desconforto, essa sensação é reduzida. Caso sejam solucionados as formas de selecionar o menu, o curso seja mais visível, o desfazer e refazer mais simples, a sensação de imersão pode ser melhorada.
- Ele imerge virtualmente ao passo que compreende suas ações no objeto. Movimentos sem sentido, que deformam o objeto, causam certa frustração. No entanto, ao visualizar as ações sendo executadas corretamente o usuário sente não somente a imersão, mas a satisfação.
- O sistema dá respostas que mantém o usuário interligado, porém quando não identifica os gestos por problemas de reconhecimento do dispositivo me deixou bastante irritada.

12) **Aprendizibilidade** (Fig. 43):

Sobre a heurística Aprendizibilidade foi questionado se os comandos são fáceis de aprender e se existe algum comando incompatível com a tarefa. Os avaliadores que responderam assinalaram (40%, n=2) problema grave, (20%, =1) problema cosmético, (20%, =1) problema simples, e (20%, =1) problema catastrófico (Fig. 43).

Figura 43 - Gráfico da Heurística Aprendizibilidade



Fonte: Elaborado pelo autor

Os comentários sobre os problemas foram:

- O comando para obtenção do zoom na tela é muito semelhante ao comando para rotacionar o objeto na tela. Além disso, o gesto para obtenção do zoom é bastante diferente do gesto que utilizamos para nos referirmos ao aumento/diminuição das coisas, o que torna o gesto incompatível com a tarefa executada.
- Os comandos são fáceis de aprender, mas o sistema não reconhece bem o gesto de mostrar e esconder o menu. O alcance das opções do menu são problemáticos e não permitem muitas vezes a seleção das opções. A configuração gráfica do menu deve ser redesenhada e o posicionamento deve ser alterado para não atrapalhar a modelagem. Caso o menu esteja sendo manipulado, o objeto modelado não pode ser atingido pelo usuário.
- A barreira da língua pode atrapalhar num primeiro momento. Alguns ícones confundem o usuário. O tutorial é interessante. Textos em português, modificar alguns ícones e inserir vídeos demonstrativos seria mais interessante.
- Os comandos de modelagem não são fáceis de aprender, precisa de treino.

Também foi questionado aos especialistas qual das tarefas realizadas podem ser classificadas como **positivas** com relação a usabilidade, obtendo os seguintes dados:

- Iniciar o *software* (80%, n=4)
- Seleção de opção no menu (60%, n=3)
- Aproximar/afastar objeto (60%, n=3)
- Salvar arquivo (40%, n=2)
- Sair do *software* (40 %, n=2)
- Rotação do objeto no ambiente (20%, n=1)
- Pintura do objeto (20%, n=1)
- Esconder menu (20%, n=1)
- Encontrar ajuda (20%, n=1)

Foi questionado aos especialistas qual das tarefas realizadas podem ser classificadas como **negativa** com relação a usabilidade, obtendo os seguintes dados:

- Modelagem do objeto (100%, n=5)
- Mostrar menu (80%, n=4)
- Pintura do objeto (60%, n=3)
- Esconder menu (60%, n=3)
- Encontrar ajuda (60%, n=3)
- Rotação do objeto no ambiente (60%, n=3)
- Sair do *software* (40 %, n=2)
- Seleção de opção no menu (40%, n=2)
- Aproximar/afastar objeto (40%, n=2)
- Salvar arquivo (40%, n=2)

Foi solicitado para os especialistas descreverem uma sequência de tarefas classificadas como sendo **fáceis** de serem executadas, as respostas foram:

- Salvar o arquivo.
- Abrir programa, rotacionar objeto, aproximar e afastar objeto.
- A sensibilidade é notória e algumas tarefas são mais fáceis que as outras. Tarefas que necessitem do uso das mãos são mais fáceis que as executadas com os dedos.
- Selecionar a forma, parar, aproximar e afastar o objeto
- Selecionar as opções do menu, com algumas restrições quanto ao fato de muitas vezes ao querer selecionar a opção escolhida o dispositivo identifica o gesto como mudar a seleção.

Foi solicitado para os especialistas descreverem uma sequência de tarefas classificadas como sendo **difíceis** de serem executadas, as respostas foram:

- Modelar o objeto.
- Selecionar tutorial, selecionar qualquer opção no menu, modelar objeto, pintar objeto, desfazer comando, salvar e fechar o programa.

- A modelagem é de certa forma um pouco complexa no início. Não saber onde está tocando é angustiante, principalmente quando se observa que o objeto virtual está sendo deformado mas não se compreende como. Os menus em forma circular, tipo "pizza", dificultam um pouco pois qualquer movimento involuntário, para qualquer lado, pode acessar um comando diferente do desejado. Repito, uma calibração e um treinamento prévio pode facilitar a usabilidade.
- Modelar, rotacionar o objeto e salvar.
- A modelagem do protótipo como um todo, precisa de treinamento prévio para identificar os gestos adequados para cada ação, não é intuitivo.

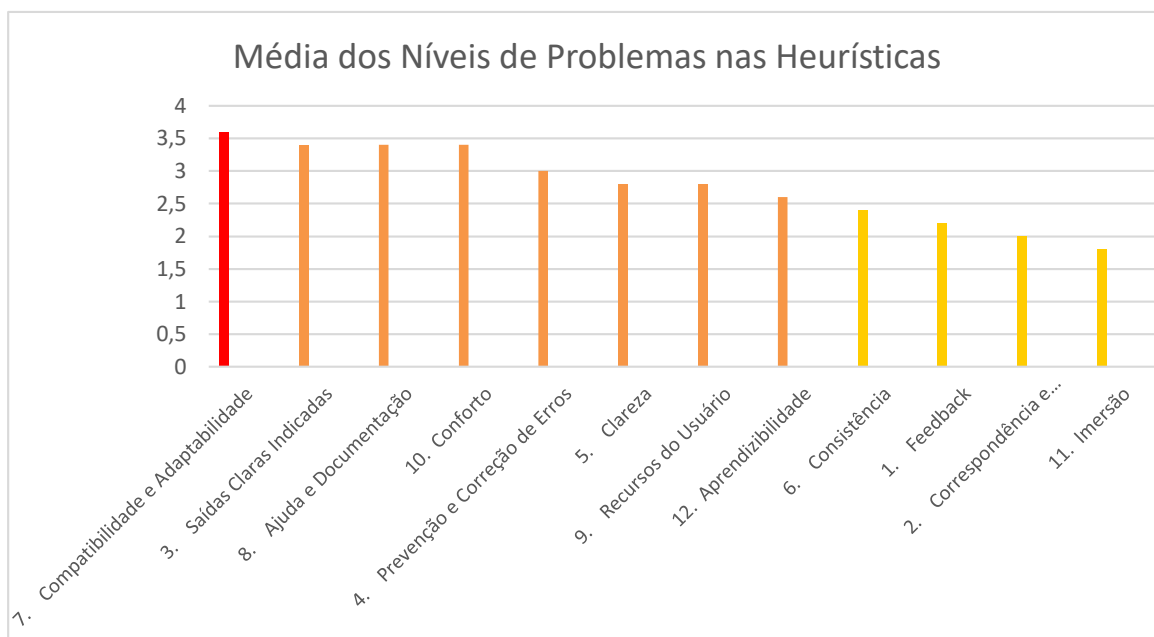
5.1.2 RESULTADOS

Após a avaliação dos especialistas, as respostas dos formulários foram comparadas com a lista de todos os erros encontrados, de acordo com as 12 heurísticas disponibilizadas, que foram listadas para uma melhor compreensão e organização.

Com relação ao grau de importância dos problemas e a necessidade de correção, todas as heurísticas apresentaram problemas de nível simples, grave e catastrófico. As heurísticas de *feedback*, correspondência e reconhecimento, consistência e imersão, atingiram o nível simples, em que a correção é necessária com baixa prioridade. As saídas claras indicativas, prevenção e correção de erros, clareza, ajuda e documentação, recursos do usuário e apredizibilidade, possuem alta prioridade de correção. Já a heurística de compatibilidade e adaptabilidade, necessita ser reparada com maior urgência. O gráfico (Fig. 44, p. 100), pois apresenta um resumo da média dos níveis de acordo com as respostas dos 5 especialistas.

Como já dito anteriormente, os problemas apontados pelos especialistas foram comparados e em seguida listados, para uma melhor compreensão. Alguns problemas foram relocados, quando mencionados em heurísticas não compatíveis com o problema identificado. Os problemas citados de forma repetitiva, foram sintetizados. A Tabela 13 (p. 100 a 102) apresenta a lista de problemas encontrados em cada heurística avaliada.

Figura 44 – Média dos Níveis de Problemas nas 12 Heurísticas de 0 a 4



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 11 – Problemas encontradas de acordo com as heurísticas para interfaces gestuais.

Heurísticas	Problemas
1. Feedback	- Ausência de sons para informar erros. - Confirmação de seleção da opção do menu ineficiente. - A função selecionada tem pouco destaque. - Área onde está ocorrendo a modelagem não é visível.
2. Correspondência e Reconhecimento	- O gesto para mostrar o menu “<i>Show Menu</i>” é de difícil reconhecimento e isso dificulta a usabilidade, pois não existe outra forma de mostrar o menu quando está escondido. - As funções mais importantes não são facilmente visualizadas. - A organização das opções do menu é inadequada, levando o usuário ao erro. - As opções do menu estão localizadas nas bordas da tela e o gesto de apontamento é de difícil identificação nessas regiões, fugindo muitas vezes ao alcance do sensor. - O cursor não é muito visível causando dúvida durante a interação. - O menu está disponível apenas em inglês, o que dificulta a compreensão dos usuários que não sabem a língua.

3. Saídas Claras Indicadas	- Opções de desfazer e refazer são de difícil acesso, ineficiente e repetitiva, causando frustração. - Não foram identificadas saídas claras.
4. Prevenção e Correção de Erros	- O sistema não disponibiliza mensagens de erros e nem soluções de problemas.
5. Clareza	- As funções não são explicadas para o usuário. - Existem poucos elementos gráficos para tornar as informações mais claras e reduzir o uso de linguagem verbal.
6. Consistência	- Os comandos diferem dos realizados em outros <i>softwares</i>. - Os gestos são inadequados e não equivalem aos gestos realizados no mundo físico para tarefas semelhantes. - Não existem sugestões ou informações para o usuário entender as funcionalidades do <i>software</i>.
7. Compatibilidade e Adaptabilidade	- O sistema não se adapta ao usuário. - Não existe a possibilidade de calibrar o alcance da tela. - A seleção das opções no menu não é semelhantes a outros <i>softwares</i>. - O sistema não se ajusta as diferentes configurações de mãos. - Não foi identificado compatibilidade de ações com outros <i>softwares</i> desta categoria.
8. Ajuda e Documentação	- A ajuda não é facilmente encontrada. - O tutorial disponível no menu não apresenta informações suficientes para compreensão das funções do <i>software</i>. - Não existem soluções para os problemas, apenas é possível desfazer e refazer os comandos executados ou começar a modelagem novamente do zero. - As informações estão todas em inglês. - O tutorial não explica de forma eficiente como os gestos devem ser executados.
9. Recursos do Usuário	- Os gestos nem sempre fazem parte do repertório do usuário, o que gera conflito cognitivo e maior esforço durante a execução das ações. - A interface não considera os diferentes tipos de usuários. - O sistema não possibilita a configuração da interface para os diferentes níveis de habilidades dos usuários: iniciante, intermediário e <i>expert</i>.

	- Limitações de movimentos físicos impossibilitam a interação com esse tipo de interface. - O sistema não está preparado para as diferentes configurações de mãos dos usuários, confundindo o gesto que está sendo executado. - O sistema tem problemas em reconhecer as duas mãos ao mesmo tempo.
10. Conforto	- Durante o uso do sistema algumas posturas inadequadas são executadas, causando desconforto na região lombar e ombros. - O comando de apontamento faz com que o usuário necessite ficar muito tempo com os braços levantados, causando cansaço nos braços, ombros e tronco. - Os movimentos involuntários causados pela fadiga dos braços podem interferir na qualidade da modelagem. - Os movimentos repetitivos e o mau reconhecimento dos gestos leva o usuário à fadiga e frustração.
11. Imersão	- Os problemas da interface, dificuldade de reconhecimento gestual e a qualidade dos resultados obtidos na modelagem 3d, dificultam a sensação de imersão. - O desconforto prejudica a imersão. - As frustrações causam irritação e diminuem a possibilidade da sensação de imersão.
12. Aprendizabilidade	- Gestos incompatíveis com os executados no mundo real não facilitam a aprendizagem. - A configuração do menu atrapalha a modelagem. - A modelagem dos objetos não é fácil de aprender, sendo necessário realizar treino. - Alguns ícones confundem o usuário.

Fonte: Elaborado pelo autor

As tarefas categorizadas como negativas e que causaram maiores problemas e frustrações foram: esconder e mostrar o menu, selecionar as opções no menu, a modelagem 3D, pintura do objeto e rotacionar o objeto, tarefas essas que são primordiais para se obter eficácia em *software* de modelagem 3D.

Nenhum dos especialistas conseguiu executar a modelagem do personagem proposto na avaliação. Desde modo, foi sugerido o mesmo experimento para os usuários reais, no “Teste como o usuário”, tendo como base o tempo necessário para a familiarização e execução das tarefas nesse estudo com especialistas. Deste modo, foi possível avaliar a usabilidade em situações reais de uso, a fim de comprovar esses problemas e observar como os participantes reagem a esse tipo de interação, tanto ponto de vista físico como cognitivo.

5.1.3 RECOMENDAÇÕES DOS ESPECIALISTAS

Os especialistas indicaram algumas soluções para os problemas apontados nessa avaliação heurística, e em outros casos não sugeriram soluções, apenas expuseram o problema. Na Tabela 14 são apresentadas as soluções sugeridas pelos especialistas para cada heurística, que foram complementadas no capítulo 6, onde foram sugeridas soluções para os problemas encontrados nos 3 estudos de campos.

Tabela 12 – Solução dos problemas no Estudo de Campo I

Heurísticas	Soluções
1. Feedback	- Sons informativos, para evidenciar a seleção da ferramenta. - Recurso de seleção da parte a ser modelada no objeto, elemento visual que demonstre qual parte está sendo modelada no momento.
2. Correspondência e Reconhecimento	- Apresentar opções de idiomas para o usuário escolher. - Posicionar o menu em uma área mais isolada e que não atrapalhe a modelagem. - Utilizar ícones nas opções do menu, para dar redundância à informação textual. - Desenvolver cursor mais contrastante, tornando-o mais visível na interface. - Destacar opções mais importantes do menu. - Ajustar o menu para facilitar o alcance das opções.
3. Saídas Claras Indicadas	- Comando desfazer mais acessível e explícito, com comando de atalho. - Disponibilizar informações sobre comandos de atalho. - Utilizar padrões universais, como o símbolo “X” para fechar ou cancelar funções.

4. Prevenção e Correção de Erros	- Desenvolver mensagens de erros para ações inadequadas. - Bloquear modelagem no momento de seleção das opções no menu.
5. Clareza	- Em todas as opções deve existir um botão auxiliar para o usuário aprender a função da ferramenta de forma clara. - Utilizar mais recursos gráficos e reduzir textos. - Tornar os ícones mais intuitivos e fáceis de serem compreendidos. - Melhorar as instruções do uso dos gestos no tutorial para tornar mais evidente como devem ser executados.
6. Consistência	- Aplicação de gestos mais próximo do mundo real para a modelagem, algo semelhante a modelagem de “massinha de modelar”.
7. Compatibilidade e Adaptabilidade	- Opção de calibração do campo de alcance, de acordo com as capacidades/preferências do usuário. - Possibilidade de uso de gestos que utilizem apenas umas das mãos, tornando a interface mais acessível para usuários que possuem apenas um dos membros superiores.
8. Ajuda e Documentação	- É necessário o melhor desenvolvimento da opção de ajuda e documentação, que é apresentado na opção “tutorial”, como mais opções e melhor apresentação da informações, bem como uma posicionamento que facilite sua localização na interface. - Tutorial com vídeo demonstrativo das opções da interface.
9. Recursos do Usuário	- Desenvolver a interface com opção de níveis de complexidade para usuários iniciantes, intermediários e experientes. - O <i>software</i> deve reconhecer diferentes configurações de mãos e dedos, uma espécie de calibração das mãos para evitar confusão na identificação do gesto.
10. Conforto	- Reduzir o uso de comandos de apontamento que necessitem que o usuário fique com os braços levantados por muito tempo.
11. Imersão	- Melhoramento da interface, para reduzir erros pode causar uma maior sensação de imersão.
12. Aprendizabilidade	- Melhorar o reconhecimento do gestos de esconder/mostrar menu, desenvolvimento de algo mais prático e que exija menor esforço físico.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 ESTUDO DE CAMPO II – AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

De acordo com Barros et al. (2016), as técnicas de avaliação de usabilidade convencionais, que avaliam a experiência do usuário, não oferecem uma medida objetiva para comprovar se a experiência relatada pelo usuário corresponde a experiência sentida. Os autores afirmam que a termografia, associada com a análise de usabilidade, é uma ferramenta eficaz para comparar a experiência relatada com a experiência sentida. Deste modo, utilizamos as imagens da termografia digital por infravermelho, para comparar com os questionários de avaliação de dor e estresse, aplicados antes e depois do teste com os usuários. Assim, verificamos questões relacionadas a ergonomia física e usabilidade (satisfação do usuário).

A seguir, serão apresentados os equipamentos utilizados, as salas onde ocorreram os testes, a descrição e aplicação do experimento. É importante ressaltar que os estudos de campo II e III ocorreram de forma simultânea. Deste modo, as informações técnicas do experimento não serão repetidas no tópico do Estudo de Campo III.

5.2.1 EQUIPAMENTO UTILIZADO

O equipamento utilizado para o registro de imagens térmicas dos usuários na cidade de Campina Grande-PB, foi a câmera térmica digital Flir T600 (Fig. 45) que possui resolução real integrada de 480 x 360 (172.800 pixels) e possui sensores que permitem a medição de temperatura variando de -40° até $+650^{\circ}$, e sua sensibilidade detecta diferenças de temperatura menores que $0,04^{\circ}$ e precisão de $\pm 2^{\circ}$, conforme afirma o fabricante (Flir, 2017). O equipamento foi disponibilizado pelo professor Juscelino Maribondo, coordenador do Laboratório de Ergonomia e Engenharia de Segurança do Trabalho, da Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica da UFCG.

Figura 45 - Flir T600



Fonte: Flir (2017)

Para os registros térmicos dos usuários em Recife-PE, foi utilizada a câmera Flir E60 (Fig. 46) que possui resolução real integrada de 320 x 240 pixels (76.800 pixels), sensores que permitem medir faixas de temperaturas variando de -20°C a $+650^{\circ}\text{C}$. Esta câmera tem sensibilidade para detectar diferenças de temperatura menores que $0,05^{\circ}\text{C}$ e possui exatidão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ da temperatura absoluta, conforme especificações do fabricante (Flir, 2017). O equipamento foi disponibilizado pelo professor Márcio Alves Marçal, do departamento de Fisioterapia da UFVJM, e do Programa de Mestrado em Ergonomia da UFPE.

Figura 46 – Flir E60



Fonte: Flir (2017)

Para a monitoração da temperatura e umidade das salas, foi utilizado um Termo-Higrômetro Digital da marca Incoterm (Fig. 47), com precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ de 0°C a 50°C , $\pm 2^{\circ}\text{C}$ para o restante da faixa e capacidade de medir a faixa de temperatura internas de 0°C à 50°C e faixa de umidade de 15% a 95% UR (INCOTERM, 2017).

Figura 47 - Termo-Higrômetro Digital da marca Incoterm



Fonte: Incoterm (2017)

O equipamento utilizado para a filmagem dos participantes, para registrar o movimento do corpo, comunicação verbal e tela do notebook, foi uma câmera GoPro Hero 5 Black (Fig. 48) e tripé de mesa (Fig. 49). A câmera foi configurada para resolução de 1920 x 1080 pixels, com 30 frames por segundo e campo de visão médio, para obter uma boa qualidade de imagem e ao mesmo tempo não consumir muita memória.

Figura 48 – GoPro Hero 5 Black



Fonte: Gopro (2017)

Figura 49 – Tripé de mesa GoPro



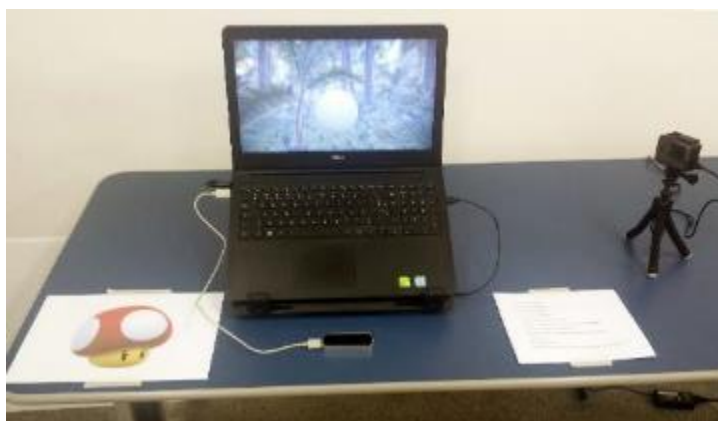
Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.2 SALA DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado em uma sala climatizada por ar condicionado a 22°, o ambiente de trabalho foi composto por notebook do modelo Dell Inspiron 15 5000, base cooler para notebook, dispositivo Leap-Motion, mesa e cadeira de escritório sem o encosto (Fig. 50 e 51, p. 108), para não alterar a temperatura na região dorsal, o que afetaria o estudo dessa região. As instruções das tarefas a serem realizadas e desenho do objeto a ser modelado foram impressas e fixadas com fita adesiva sobre a mesa.

Em outra mesa foram dispostos a caneta, cadeira de escritório com rodas, questionários para avaliação de dor, estresse e satisfação (Fig. 52, p. 108). Foram feitas marcações com fita adesiva no chão da sala (Fig. 53, p. 108), para situar o pesquisador na padronização dos registros das imagens termográficas dos voluntários.

Figura 51 – Mesa de trabalho do experimento



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 50 – Posto de trabalho



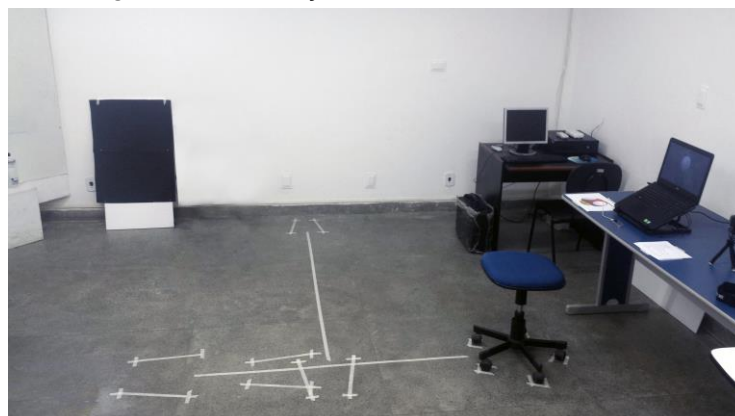
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 52 – Mesa com questionários



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 53 – Marcações no chão com fita adesiva



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.3 DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO

O teste de usabilidade seguiu o seguinte protocolo:

- Apresentação do estudo e do experimento;
- Preenchimento do TCLE;
- Preenchimento dos questionários para avaliação de dor e estresse;
- Conferir temperatura da sala em 22°;
- Solicitar ao voluntário para prender cabelos, retirar acessórios e camiseta;
- Estabilização da temperatura do participante (15 minutos);
1ª etapa de fotos com câmera termográfica;
- Acomodação do participante na cadeira;
- Ligar a câmera de filmagem;
- Familiarização com a interface - após 15 minutos;
2ª etapa de fotos com câmera termográfica;
- Início do teste – após 15 minutos do teste;
3ª etapa de fotos com câmera termográfica;
- Final do teste – aos 30 minutos;
4ª etapa de fotos com câmera termográfica;
- Desligar a câmera de filmagem;
- Preenchimento dos questionários pós-teste;
- Liberar o participante.

5.2.4 ETAPAS DO REGISTRO TERMOGRÁFICO

A Tabela 15 apresenta as etapas de registro das imagens térmicas.

Tabela 13 – Etapas para registro no experimento

Etapas		Registro
Antes do teste	Após estabilização da temperatura por 15 minutos	Foto do rosto
		Fotos dos antebraços e mãos posição dorsal com isopor de fundo
		Foto dos antebraços e mãos posição ventral com isopor de fundo
		Foto das regiões dorsal, cervical e ombros
		Foto da região frontal do corpo (ombro, braços, tórax e abdômen)
Familiarização	Após o reconhecimento da interface por 15 minutos	Foto do rosto
Início do teste	Na metade da atividade aos 15 minutos de teste	Foto do rosto
		Fotos dos antebraços e mãos posição dorsal com isopor de fundo
		Foto dos antebraços e mãos posição ventral com isopor de fundo
		Foto da região dorsal, cervical e ombros
Final do teste	Ao final da atividade aos 30 minutos de teste	Foto do rosto
		Fotos dos antebraços e mãos posição dorsal com isopor de fundo
		Foto dos antebraços e mãos posição ventral com isopor de fundo
		Foto das regiões dorsal, cervical e ombros
		Foto da região frontal do corpo (ombro, braços, tórax e abdômen)

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.5 TESTE COM O USUÁRIO

Durante a execução dos testes de usabilidade, os voluntários foram filmados para registrar seus movimentos corporais (Fig. 54) e também para gravar a verbalização durante as etapas de familiarização com a interface e também durante o teste de usabilidade. Os comentários individuais sobre cada um dos 12 voluntários durante o teste com a interface gestual estão disponíveis no Apêndice B (p. 157 a 160). As verbalizações foram anotadas, após observar as gravações dos vídeos e estão disponíveis no Apêndice C (p. 161 a 173).

Figura 54 – Imagem de voluntários realizando o experimento



Fonte: Elaborado pelo autor

Comentário Geral

Em geral, os participantes do experimento tiveram impressões similares. Gostaram de conhecer a ferramenta por ser uma nova experiência de modelagem 3D, sentiram dificuldade em se familiarizar com a interface, o cansaço no braço foi comum e a forma de interação com o menu e sua configuração na interface gráfica não foi considerada prática. O comando mostrar/esconder o menu foi o principal problema apontado, devido ao sistema não entender o gesto, mesmo sendo efetuado como explicado no tutorial. O comando de desfaz ação não se mostrou eficiente, sendo bastante criticado pelos participantes. A modelagem foi classificada como imprecisa e de difícil controle. O cursor branco e em formato esférico não foi aprovado pelos usuários, que o consideraram pouco visível e confuso. No entanto, o controle de câmera (rotacionar e aproximar) foi bem aceito, e praticamente todos aprenderam a utilizá-lo.

Utilizamos o Modelo de Usabilidade de Leventhal e Barnes para avaliar as variáveis de usabilidade e verificar a interface.

Variáveis da tarefa:

- Frequência – A frequência foi baixa, tratando-se da primeira vez que os usuários tiveram experiência com a interface;
- Rigidez – Apesar de existir uma sequência de etapas para serem seguidas, a rigidez foi considerada média, devido a flexibilidade dos usuário executarem os comandos do modo que acharem necessário, porém isso interferiu no resultado;
- Limitações situacionais – Existiram várias limitações que impediram o bom relacionamento com a interface, entre elas, o gesto de esconder/mostrar o menu, que limitaram o uso coerente da interface. O campo de alcance também foi uma limitação, pois algumas opções no menu estavam fora do alcance do sensor do Leap Motion. O cansaço dos braços também foi um empecilho para a boa utilização da interface, e dor no ombro e costas de alguns usuários.

Variáveis do usuário

- Experiência do usuário – A interface não previu diferentes níveis de experiência dos usuários e não forneceu instruções suficientes para os iniciantes;
- Motivação – Alguns usuários se sentiram motivados para concluir as tarefas para ver o resultado final, porém os que não estavam conseguindo realizar a modelagem com precisão desistiram, e foi necessário motivá-los para tentarem concluir o teste.

Variáveis da interface com o usuário:

- Facilidade de aprender – Os usuários aprenderam a utilizar a interface com facilidade, no entanto problemas com alguns comandos que não foram interpretados corretamente pelo sistema e a limitação no campo de alcance do sensor dificultaram o desenvolvimento da atividade;
- Facilidade de usar – Não foi possível verificar essa variável, pois os participantes só experimentaram uma vez a interface;
- Facilidade de reaprender – Não foi possível verificar essa variável, pois os participantes só experimentaram uma vez a interface;
- Flexibilidade - A interface não suporta padrões de interação diferentes dos previstos;

- Satisfação - A interface não proporcional satisfação para os usuários, devido os problemas de interpretação dos gestos e campo de visão do sensor, de elementos mal resolvidos na interface gráfica, e cansaço e dores no corpo dos usuários;
- Correspondência da tarefa – Apesar de alguns gestos terem relação com o mundo real, os gestos de modelagem não foram bem relacionados com ações reais e isso frustrou alguns usuários.

5.2.6 QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO

Após o teste de usabilidade os voluntários responderam a um questionário para obter o nível de satisfação com a experiência da modelagem 3D usando uma interface gestual. Desta forma, marcaram um “X” em um dos 5 níveis de satisfação que alcançaram com a experiência: 1 = muito satisfeito, 2 = satisfeito, 3 = nem muito, nem pouco satisfeito, 4 = insatisfeito e 5 = muito insatisfeito (Fig. 55), os quesitos foram:

- A experiência de utilizar os gestos livres no ar para modelagem 3D;
- O uso da interface gráfica do *software*;
- O conforto físico durante o uso da interface.



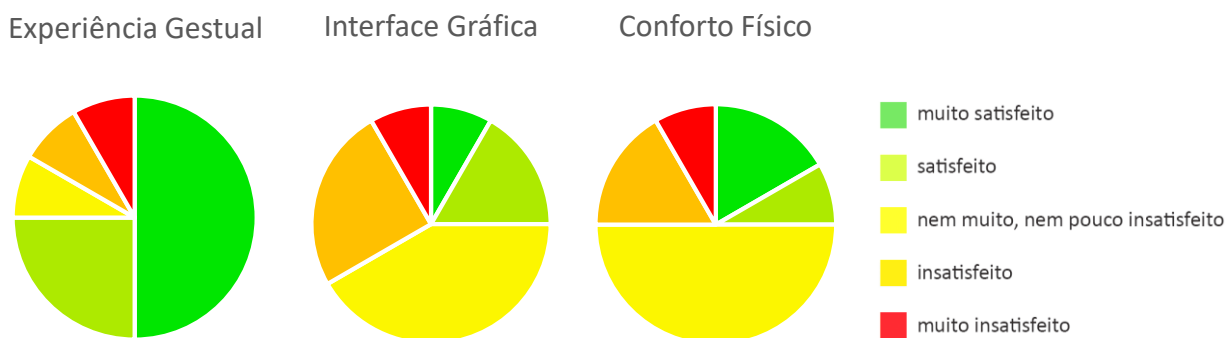
Fonte: Elaborado pelo autor

Desta forma, observamos que, em geral, os participantes gostaram da experiência de utilizar os gestos livres no ar para modelagem 3D, onde (50%, n=6) ficaram muito satisfeitos e (25%, n=3) satisfeitos, apenas (8%, n=1) ficou muito insatisfeito, (8%, n=1) insatisfeito e (8%, n=1) nem muito, nem pouco satisfeito.

Com relação ao uso da interface, a maioria (42%, n=5) marcou nem muito, nem pouco satisfeito, (25%, n=3) insatisfeito, (17%, n=2) satisfeito, (8%, n=1) muito insatisfeito, (8%, n=1) muito satisfeito, demonstrado que a interface gráfica não causou impactos positivos nos usuários, predominando mais a insatisfação ou neutralidade comparada com a satisfação no gráfico (Fig. 56, p. 114).

Na questão sobre o conforto físico, a maioria também manteve-se neutra (50%, n=6) assinalaram, nem muito, nem pouco satisfeito, (17%, n=2) muito insatisfeito, (17%, n=2) muito satisfeito, (8%, n=1) insatisfeito, (8%, n=1) satisfeito, dividindo as opiniões com relação a essa questão. Abaixo observamos um gráfico da satisfação dos usuários nos quesitos experiência gestual, interface gráfica e conforto físico (Fig. 56).

Figura 56 – Gráficos de satisfação dos usuários



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.7 AVALIAÇÃO DO ESTRESSE COM O USO DA TERMOGRAFIA

Segundo Rossetti et al. (2008):

“O estresse pode ser definido como toda reação do organismo, juntamente com os componentes psicológicos, físicos, mentais e hormonais que ocorre quando surge a necessidade de uma grande adaptação a um evento estressor, ...”

Para avaliar o estresse com o uso da termografia, foi aplicado um questionário antes e após o uso do *software* (Apêndice D, p. 174), para verificar o nível de estresse dos participantes, onde o voluntário assinalou a condição de estresse que estava no momento que foi questionado em uma linha de 10 cm com numeração variando de 0 (zero) a 10 (dez) (Fig. 57). Assim, foi possível comparar essas informações com as imagens térmicas dos seus rostos, que foram registrados antes e após a realização do teste de usabilidade.

Figura 57 – Escala de nível de estresse.



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com as respostas obtidas com a aplicação do questionário comparando o momento antes e depois do uso do *software* com 12 participantes, 8 do sexo

masculino e 4 do sexo feminino. Obtivemos os seguintes resultados: (58,33%, n=7) dos participantes responderam que sentiram aumento do nível de estresse após o uso do *software*; um total de (33,33%, n=4) assinalaram diminuição do nível de estresse após o uso; e (8,33%, n=1) registrou que o seu nível de estresse permaneceu inalterado após o uso. Todas as participantes do sexo feminino (100%, n=4), relataram aumento do nível de estresse. Dos participantes do sexo masculino (50%, n=4), expuseram diminuição do nível de estresse; (37,5%, n=3) registraram aumento do nível de estresse; e (12,5%, n=1) indicaram que o seu nível de estresse permaneceu inalterado após o uso do *software*. Desse modo, de acordo com experiência relatada no questionário, verificamos que mais da metade dos participantes obtiveram um aumento do nível de estresse.

Apesar de verificarmos um aumento no nível de estresse com base na contabilização das respostas dos participantes, foi necessário realizar uma análise estatística dos momentos antes e depois do teste para conferir se esse aumento foi significativo, com auxílio do *software* SSPS19. A Tabela 16 apresenta as informações do questionário emocional convertidas em dados estatísticos. Os dados encontrados mostram que não houve diferença significativa nos 12 participantes do teste. A estatística descritiva mostra que o grupo aumentou o nível de estresse de 3,8 (antes) para 5,3 (depois), mas esse aumento não foi significativo para confirmar que a atividade estressou os participantes. Pois, na análise do Test T de *Student* foi verificado que o nível de significância foi de 0,108 que é maior que α 0,05, ou seja, o p-valor observado é superior ao “ α ” (nível de significância) definido para o estudo ($p > 0,05$). Embora não tenha uma diferença significativa, podemos observar (Tabela 16) que houve aumento na média, mostrando uma tendência dos participantes ficarem mais estressados após o teste. Porém, seria necessário um número maior da amostra “N” para verificarmos se esse aumento de estresse pode ser significativo, pois a amostra atual não proporcionou um resultado aceitável, por se tratar de uma medida subjetiva.

Tabela 14 – Estatística Descritiva do Questionário de Estresse

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
EstrA (Antes do Teste)	12	2,00	6,00	3,83	1,33
EstrD (Depois o Teste)	12	2,00	10,00	5,33	2,60

Fonte: Elaborado pelo autor

Para verificar a experiência sentida, utilizamos a Termografia Digital por Infravermelho para registrar os rostos dos participantes, antes e depois do uso do *software*. As imagens foram analisadas através do Teste T de *Student* para amostra pareada, onde foram analisadas 3 regiões dos rostos dos participantes, selecionadas conforme estudos que indicam, que caso a pessoa esteja mais estressada é de se esperar uma queda da temperatura nas regiões do nariz, bochecha e testa (PAVLIDIS et al., 2001; MERLA e ROMANI, 2007; CALVIN e DUFFY, 2007; IOANNOU et al., 2014).

Para análise das imagens foram demarcadas as três áreas do rosto dos participantes (testa, bochecha e nariz) e foram coletadas as temperaturas máxima, mínima e média em graus Celsius, nas imagens antes e após o teste. Em seguida, foi realizada uma análise estatística desses dados, com auxílio do *software* SSPS19, dos 12 participantes (n=12), nas regiões TestF (testa), Boch (bochecha) e Nar (nariz), nos períodos A (antes) e F (final), e temperaturas Max, Min e Med (máxima, mínima e média) observados na Tabela 17.

Tabela 15 – Estatística descritiva

Região	N	Mínima	Máxima	Média	Desvio Padrão
TestFAMax	12	32,50	36,20	34,82	1,09
TestFAMin	12	31,30	34,30	33,43	,98
TestFAMed	12	31,90	35,60	34,20	1,09
TestFFMax	12	32,60	35,80	34,67	1,04
TestFFMin	12	31,30	34,50	33,42	1,04
TestFFMed	12	32,10	35,20	34,09	1,00
BochAMax	12	32,00	35,40	33,70	1,21
BochAMin	12	30,10	33,70	31,80	1,27
BochAMed	12	30,90	34,50	32,64	1,29
BochFMax	12	31,20	35,00	32,99	1,36
BochFMin	12	29,10	32,80	30,95	1,18
BochFMed	12	29,90	33,50	31,82	1,26
NarAMax	12	29,50	35,00	32,00	1,73
NarAMin	12	25,90	33,20	29,14	2,21
NarAMed	12	27,00	34,10	30,45	2,24
NarFMax	12	28,10	33,20	30,90	1,74
NarFMin	12	23,40	32,00	28,20	2,67
NarFMed	12	25,30	32,60	29,10	2,30

Fonte: Elaborado pelo autor

Nos resultados da amostra pareada foi possível verificar uma diferença significativa de temperatura máxima, mínima e média da bochecha e do nariz, na Tabela 18 (p. 117) podemos verificar que o nível de significância dessas áreas (bochecha e nariz) é

menor do que $\alpha 0,05$. No entanto, não ocorreu o mesmo na região da testa, onde a ($p>0,05$), não sendo significativo para indicar diminuição de temperatura. Assim, constatamos que ocorre diminuição de temperatura em duas áreas (bochecha e nariz), após a realização dos teste, o que sugere uma alteração funcional indicativa de estresse nos participantes, após o uso do *software* analisado (PAVLIDIS et al., 2001; MERLA e ROMANI, 2007; HAHN et al., 2012; IOANNOU et al., 2014).

Tabela 16 – Teste T de *Student* para amostra pareada

Região Antes x Depois	Significância
TestFAMax x TestFFMax	,670
TestFAMin x TestFFMin	,983
TestFAMed x TestFFMed	,761
BochAMax x BochFMax	,012
BochAMim x BochFMin	,002
BochAMed x BochFMed	,002
NarAMax x NarFMax	,003
NarAMin x NarFMin	,047
NarAMed x NarFMed	,002

Nível de significancia: $\alpha = 0,05$

Fonte: Elaborado pelo autor

As Tabelas 19 e 20 (p. 118) mostram a correlação das temperaturas das regiões dos rostos dos participantes, antes e depois do teste, com o estado de estresse relatados no questionário através da correção de Pearson. Considerando que, para haver correlação, quando há um aumento de estresse no relato do participante, diminui a temperatura nas regiões analisadas, ocorrendo uma relação inversa. Deste modo, quanto mais próximo o valor de p (coeficiente de correlação) estiver do valor “1”, mais forte a correlação, significando uma correlação entre as duas variáveis analisadas. Quanto mais próximo o valor de “ p ” estiver do valor “0”, mais fraca a correlação. Sendo este o nosso resultado, onde a correlação ficou próxima a “0”. Assim, foi verificado que a correlação entre temperatura e estado de estresse não apresentaram significância ($P>0,05$).

Tabela 17 - Correlação entre as temperaturas do rosto e o estado de estresse relatado (Antes)

Temperatura x Estresse (Antes)	Correlação	Significância
TestFAMax x EstrA	-,096	,767
TestFAMin x EstrA	-,133	,680
TestFAMed x EstrA	-,112	,730
BochAMax x EstrA	-,021	,947
BochAMin x EstrA	-,021	,948
BochAMed x EstrA	-,017	,959
NarAMax x EstrA	-,039	,904
NarAMin x EstrA	,021	,948
NarAMed x EstrA	,058	,858

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 18 - Correlação entre as temperaturas do rosto e o estado de estresse relatado (Final)

Temperatura x Estresse (Final)	Correlação	Significância
TestFFMax x EstrF	,067	,837
TestFFMin x EstrF	,087	,789
TestFFMed x EstrF	,150	,642
BochFMax x EstrF	,187	,561
BochFMin x EstrF	,132	,683
BochFMed x EstrF	,099	,759
NarFMax x EstrF	-,194	,545
NarFMin x EstrF	-,077	,811
NarFMed x EstrA	-,070	,830

Fonte: Elaborado pelo autor

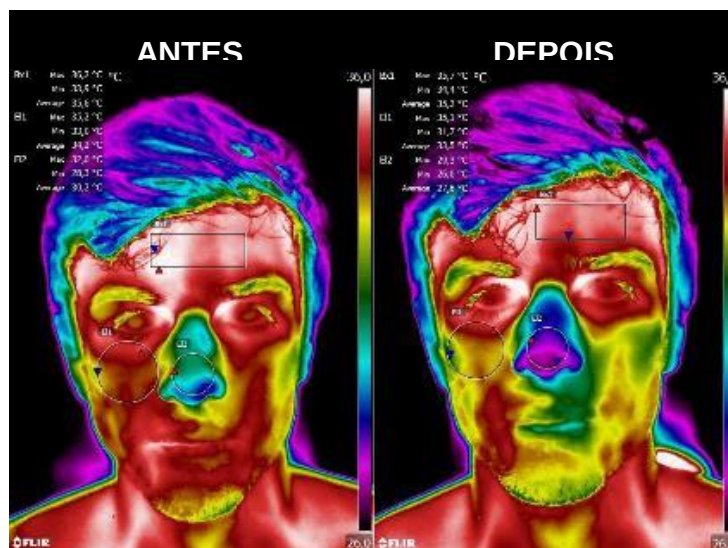
Assim, notamos que a experiência relatada no questionário emocional não apresentou dados estatísticos significativos em correlação como os dados da experiência sentida na termografia. Sendo a temperatura uma variável mais sensível a se perceber mudanças, do que a variável da régua de nível de estresse. Desde modo, seria necessário aumentar o número da amostra “N”, para verificar novamente a correlação, pois a amostra atual não foi capaz de confirmar.

É importante salientar que a termografia verifica a resposta do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), uma vez que o controle de temperatura está associado as reações emocionais (BRIOSCHI et al. 2003; KREIBIG, 2010). Deste modo, a percepção emocional da pessoa, através do relato nos questionários, pode não representar o que o organismo está manifestando. Conforme Kreibig (2010), apesar dos sentimentos normalmente serem conscientes, onde o indivíduo conhece o que está ocorrendo naquela experiência emocional, podem surgir condições nas quais eles não tem consciência do que está ocorrendo. Barros et al. (2016), afirmam que a opinião dos usuários em um questionário pode ser totalmente diferente dos seus pensamentos, sentimentos ou impressões sobre o uso de um produto, portanto, o que nosso cérebro

percebe pode ser diferente dos nossos relatos quando somos questionados. Então, em alguns casos os participantes podem ter relatados que não estavam estressados, mas as respostas neurovegetativas, ou seja, a resposta espontânea do corpo, caracterizou o significado de estresse ou irritabilidade do participante. Assim, verificamos que a resposta neurofisiológica é superior a resposta subjetiva, visto que o organismo está dando uma resposta que o indivíduo não tem controle. Deste modo, reforçamos a importância de serem ampliados os estudos de usabilidade com uso de ferramentas mais objetivas, como a termografia, visto que o relato dos usuário não são precisos e sujeitos a incoerências (MARÇAL, 2016; BARROS et al., 2016).

No entanto, em um conteúdo geral, podemos perceber que ocorre um aumento do estresse nos usuários com o uso da interface gestual do *software* de modelagem 3D, tanto pelo relato nos questionário, como pela observação das reações dos usuários, o resultado da modelagem 3D, e especialmente pelos registros das imagens térmicas (Fig. 58), onde podemos ver nitidamente a diminuição de temperatura no nariz e bochechas, indicativos que sugerem aumento de estresse no indivíduo (PAVLIDIS et al., 2001; MERLA e ROMANI, 2007; IOANNOU et al., 2014), e que foram comprovados na análise estatística.

Figura 58 – Imagens térmicas do usuário antes e depois do teste



Fonte: Elaborado pelo autor

Deste modo, assim como afirma Calvin e Duffy (2007) e Jenkins et al. (2009), confirmamos através desse experimento a viabilidade do uso da termografia para o avaliar uma interface, mostrando-se confiável para indicar as mudanças de estados de estresse (ENGERT et al., 2014). A vantagem da termografia por infravermelho, além de ser um método não invasivo, é que permite avaliar interações com

movimentos, não limitando-se a posturas estáticas e sem a necessidade de fixação de aparelhos nos indivíduos, através do uso da técnica de amostragem de pré/pós evento (registro fotográfico), ao invés de monitorar ininterruptamente as mudanças de estados em vídeo contínuo (JENKINS et al., 2009).

No entanto, Engert et al. (2014) observa, que quando se procura caracterizar estados fisiológicos complexos de um ciclo de estresse, os marcadores de estresse autônomos (por exemplo, frequência cardíaca e temperatura dos dedos) são mais adequados que as imagens térmicas. Porém, os autores afirmam que o uso da termografia é mais ágil, pois não requer preparativos que consomem muito tempo ou habilidades especiais. Entretanto, destacam a importância do emprego de *softwares* que facilitem a análise de dados. Calvin e Duffy (2007) salientam que o uso da termografia com outros modos de medição, como a dilatação da pupila, oferecem meios automatizados e flexíveis para avaliar objetivamente a carga de trabalho mental, no desenvolvimento de interfaces e no desempenho do sistema humano.

Destacamos nesse estudo a sensibilidade do nariz e da bochecha para verificar mudanças no estado de estresse. A mudança de temperatura ocorre devido a vasoconstrição ou vasodilatação sanguínea mediadas pelo ANS (CALVIN e DUFFY, 2007; BRIOSCHI et al., 2010; CRUZ-ALBARRAN et al., 2017). Estudos de Calvin e Duffy (2007), também apontam para a sensibilidade do nariz em avaliações do estresse, e que a temperatura da testa permaneceu estável e constante, destacando que o mesmo ocorreu em literaturas anteriores ao seu experimento. Confirmando o que aconteceu no presente estudo, pois não encontramos significância na redução de temperatura da testa dos participantes. Engert et al. (2014), confirma em seus estudos que a ponta do nariz e a região perioral são mais fortes quantos se trata de mudanças, no entanto, destacam que o músculo corrugador do supercílio e o queixo também obtiveram correlação com a natureza experiencial do estresse.

Cruz-Albarran et al. (2017) apresenta uma metodologia que utiliza termografia para diagnosticar outros tipos de emoções, capturando imagens térmicas de 5 expressões faciais (alegria, desgosto, raiva, medo e tristeza), e as regiões de interesse destacados foram nariz, bochecha, testa e maxilar, comprovando a eficiência da termografia e fornecendo informações precisas sobre as emoções, os autores desenvolveram um sistema térmico inteligente aplicado em 25 sujeitos e obtiveram sucesso em 89,9% no

diagnóstico das emoções. Brioschi et al. (2010), informa que as imagens térmicas têm inúmeras aplicações clínicas como ferramenta de diagnóstico e também terapêuticas, podendo monitorar efetivamente o estresse mental induzido pela decepção. Os autores antecipam que provavelmente as imagens térmicas por infravermelho serão usadas como “detector de mentiras”, sendo mais efetivas que o polígrafo (aparelho utilizado em interrogatórios para detectar mentiras), oferecendo uma alta taxa de sucesso na classificação do nível de estresse, sendo mais prático, sem a necessidade de fixação de sensores.

Deste modo, através dos resultados apresentados, sugerimos o uso da termografia digital por infravermelho para o desenvolvimento e avaliação de interfaces computacionais. Pois, através desse estudo com a interface gestual aplicada para a manipulação em ambiente de modelagem tridimensional, podemos confirmar a eficiência da termografia, aliada aos métodos de usabilidade, para avaliar o nível estresse dos usuários ao interagirem com a interface gestual. Os achados desse estudo podem contribuir para futuros estudos na área e oferecem informações importantes para compreender essas novas formas de interação que estão surgindo.

5.3 ESTUDO DE CAMPO III – AVALIAÇÃO ERGONÔMICA COM O AUXÍLIO DA TERMOGRAFIA DIGITAL

Esse estudo foi realizado a partir das filmagens dos participantes realizando o experimento, preenchimento do formulário RULA, dos questionários de dor, das observações e análise das imagens térmicas registradas antes e após a realização do experimento. Ao final os dados foram cruzados para verificar a relação do que foi observado pelo pesquisador, relatado pelos participantes e registrado nas imagens térmicas.

5.3.1 MÉTODO RULA (AVALIAÇÃO RÁPIDA DOS MEMBROS SUPERIORES)

Após o termino dos experimentos, foram assistidas as filmagens dos 12 participantes, para observar os movimentos corporais durante a realização do experimento. Dessa forma, esses movimentos foram preenchidos através do formulário RULA impresso (Anexo 2, p. 152 e 153) e em seguida foram repassados para formulário RULA digital no *software* Ergolândia 6.0 (versão demo), esse *software* contém 22 ferramentas para avaliação ergonômica e melhoria de postos de trabalho. Dentre eles, o método RULA,

que após preenchido, apresenta o resultado da avaliação através de uma pontuação e se é necessário uma intervenção na atividade.

Após, análise dos vídeos foi observado que apesar de cada participante ter uma maneira diferente de interagir, ou seja, utilizando um braço predominante, dois braços simultâneos e o revezamento de braços, em geral, os seus movimentos se resumiram nas mesmas categorias apresentadas no formulário, e foram preenchidos de forma similar. Assim, apresentaremos o passo-a-passo da avaliação nas páginas do *software*:

No topo da janela do formulário é possível selecionar a parte do corpo avaliada, sendo necessário preencher todas as opções para solicitar o resultado da avaliação. A primeira página preenchida foi a “Braço”, onde são apresentadas diferentes angulações e para ser selecionada apenas uma que representa a ação analisada. A opção selecionada foi “45° – 90°”, angulação geralmente executada pelos usuários durante o uso da interface (Fig. 59).

Figura 59 – Página para avaliação do Braço no Método RULA

ESCOLHA CADA PARTE DO CORPO PARA REALIZAR A AVALIAÇÃO

☒ Braço ☐ Punho ☐ Pescoço ☐ Pernas
☐ Antebraço ☐ Rotação do Punho ☐ Tronco ☐ Atividade

RESULTADO BANCO DE DADOS CONTROLE INFORMAÇÕES

BRAÇO

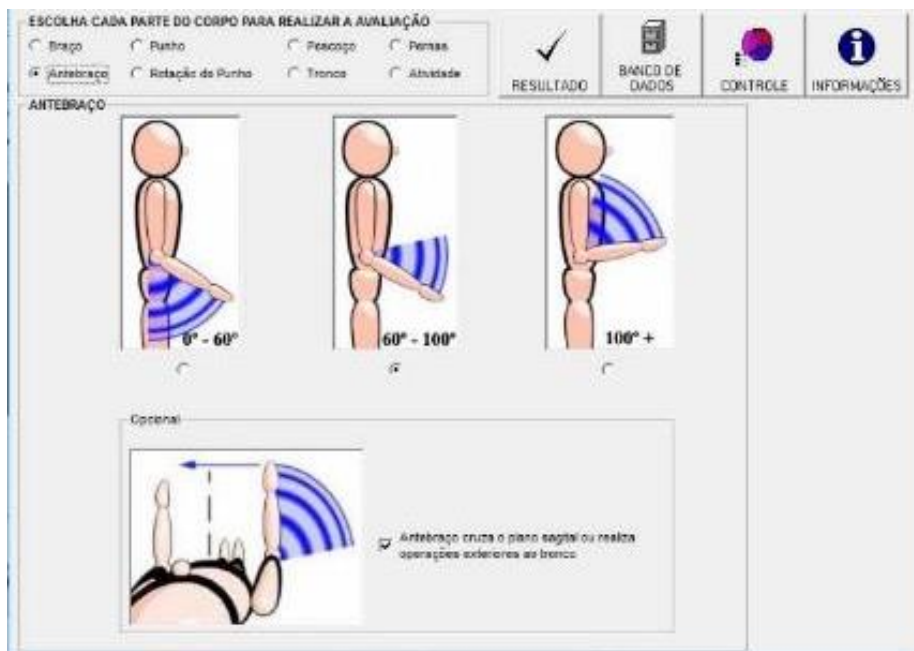
20°+ 20° 20°-45° 45°-90° 90°+

Opções
☒ Abdução
☐ Ombro elevado
☐ Braço apoiado

Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, a página preenchida foi a “Antebraço”. As opções selecionadas foram, ângulo de “60° - 100°” e que o antebraço cruza o plano sagital ou realiza operações exteriores ao tronco (Fig. 60).

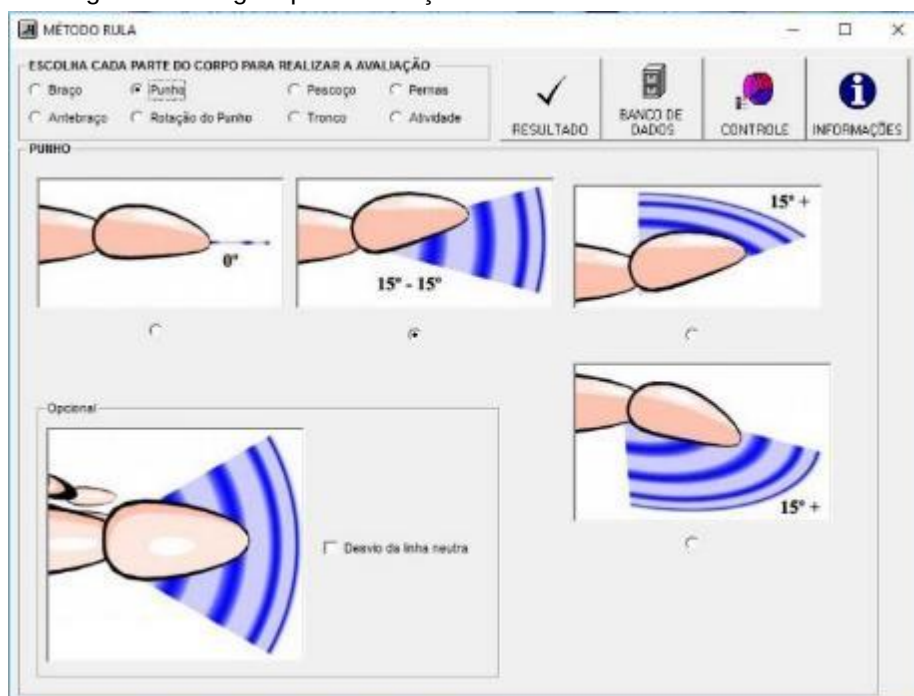
Figura 60 - Página para avaliação do Antebraço no Método RULA



Fonte: Elaborado pelo autor

Na página “Punho” foi selecionada a opção de movimentação de “15° - 15°” sem desvio na linha neutra (Fig. 61).

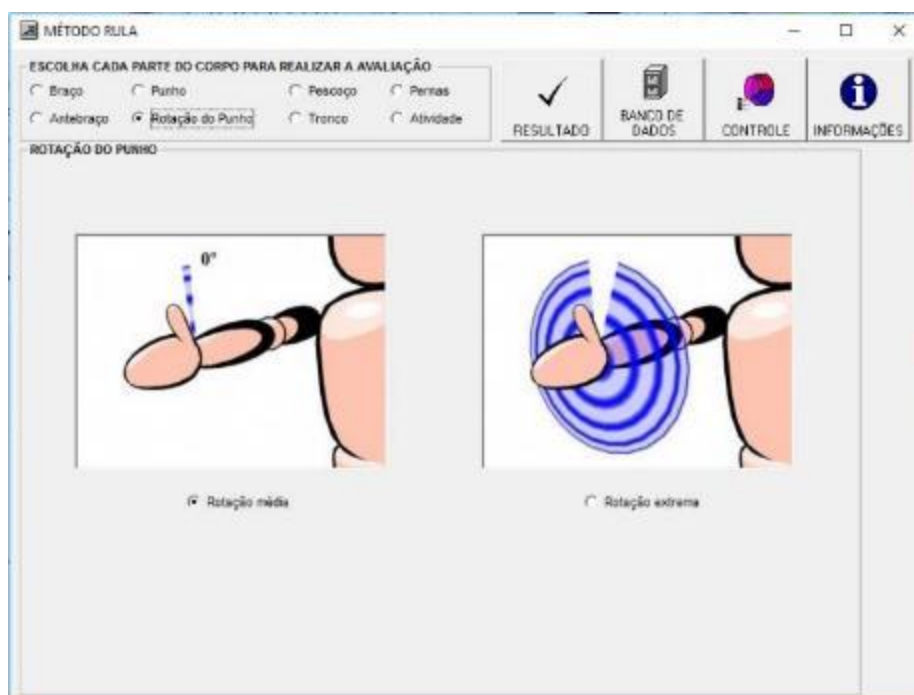
Figura 61 - Página para avaliação do Punho no Método RULA



Fonte: Elaborado pelo autor

Em “Rotação do Punho” foi selecionada a opção “rotação média” (Fig. 62).

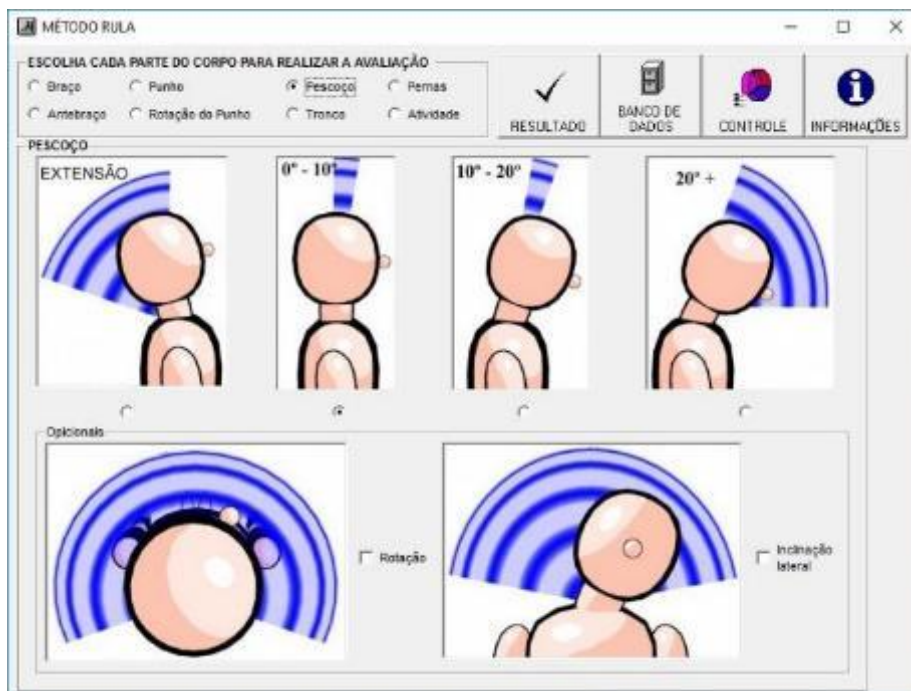
Figura 62 - Página para avaliação da Rotação do Punho no Método RULA



Fonte: Elaborado pelo autor

Na página “Pescoço”, foi selecionada a opção de “0° – 10°”, sem rotação e inclinação lateral (Fig. 63).

Figura 63 - Página para avaliação do Pescoço no Método RULA



Fonte: Elaborado pelo autor

A página “Tronco” foi selecionada a opção “0°”, sem rotação e inclinação lateral (Fig. 64).

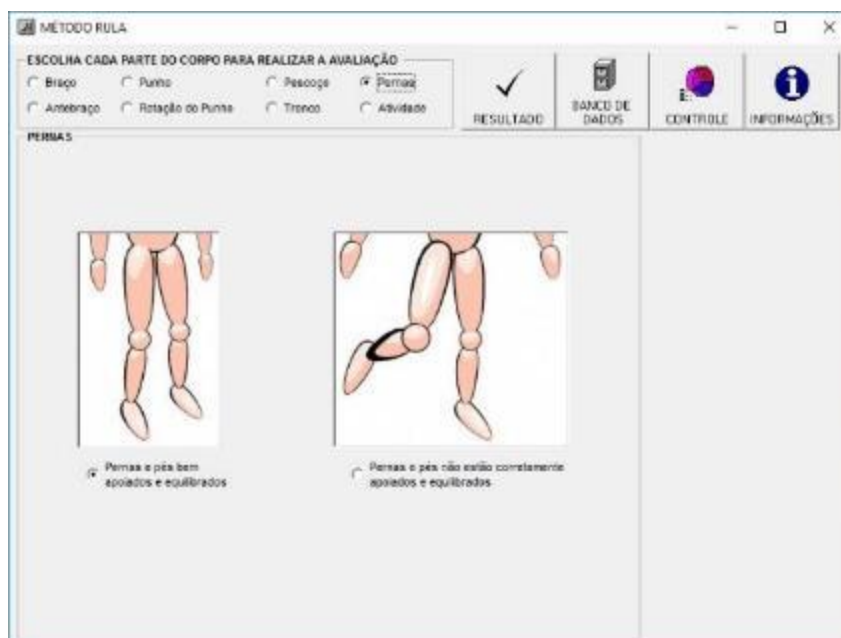
Figura 64 - Página para avaliação do Tronco no Método RULA



Fonte: Elaborado pelo autor

Em “Pernas” foi assinalada a opção “Pernas e pés bem apoiados e equilibrados” (Fig. 65).

Figura 65 - Página para avaliação das Pernas no Método RULA



Fonte: Elaborado pelo autor

Em “Atividade”, Grupo A – Braço, Antebraço e Punho, foram selecionadas as opções “o uso da musculatura em postura estática por período superior a 1 minuto ou postura repetitiva, mas de 4 vezes por minuto” e “Sem carga ou carga menor que 2kg intermitente”. No Grupo B – Pescoço, Tronco e Pernas, as mesmas opções foram selecionadas (Fig. 66).

Figura 66 - Página para avaliação da Atividade no Método RULA

Fonte: Elaborado pelo autor

Desde modo, após o preenchimento das informações o *software* apresentou o resultado da análise, mostrando se a atividade está sendo executada de forma correta, sem risco ao usuário. Assim, de acordo com o método RULA, chegamos ao resultado de que a modelagem 3D com *software* Sculpting e dispositivo Leap Motion necessita de alterações para se tornar adequado. Atingindo pontuação “4” e em intervenção “Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.” (Fig. 67, p. 127), assim, segundo método RULA, as queixas dos participantes por fadiga e dores no braços e ombro, são justificáveis, tendo em vista que não são consideradas posturas aceitáveis e que necessitam de intervenções.

Figura 67 – Página com do resultado do Método RULA

PONTUAÇÃO FINAL DO MÉTODO RULA: 4		
PONTUAÇÃO	NÍVEL DE AÇÃO	INTERVENÇÃO
1 ou 2	1	Postura aceitável
3 ou 4	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
5 ou 6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.

Fonte: Elaborado pelo autor

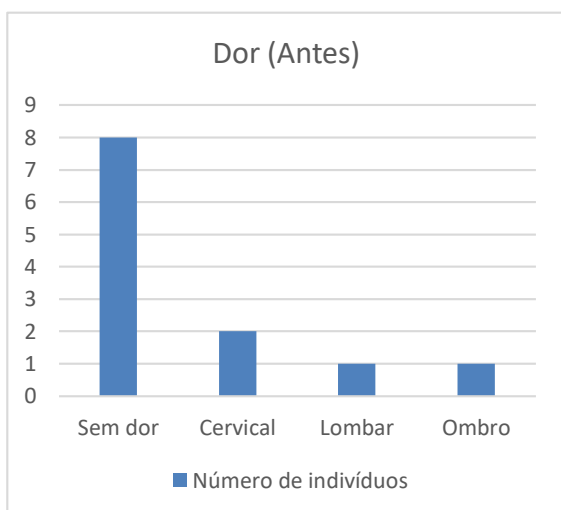
Apesar de ser uma ferramenta prática e rápida, o método RULA não apresenta soluções para o melhoramento da ergonomia e também não demonstra qual a área mais comprometida durante a realização das tarefas. Desse modo, utilizamos o auxílio das imagens térmicas registradas no experimento, para poder identificar as regiões que sofreram maiores cargas e confrontar com a experiência relata pelos usuários no questionário de avaliação de dor. Assim, poderemos verificar com dados objetivos a real situação do que ocorre na interação avaliada nessa pesquisa. No entanto, até o momento, a avaliação rápida nos oferece indícios que a atividade não está adequada para os usuários desse tipo de interface.

5.3.2 ANÁLISE DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS

Para essa etapa foi aplicado um questionário de avaliação de dor, antes e após o teste de usabilidade, servindo como referência para a avaliação das imagens térmicas. Esse questionário possui a representação da figura humana de frente e de costas, e uma Escala Visual Analógica de Dor (EVA) com numeração de 0 (zero) a 10 (dez). O questionário pode ser verificado no Apêndice E (p. 175). As análises individuais por participante podem ser consultadas no Apêndice F (p. 176 a 199).

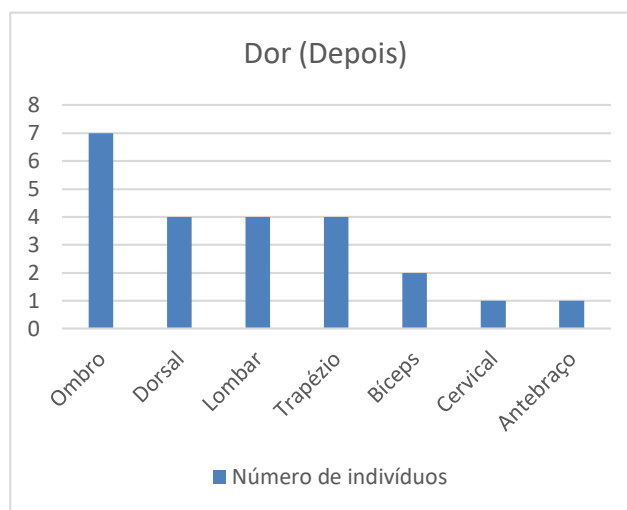
Antes da realização do experimento, cada participante era questionado se naquele momento estava sentindo alguma dor no corpo e solicitado que demarcasse com caneta a área da queixa de dor na representação da figura humana, também sinalizando o nível de dor nessa região, através da escala de 0 a 10. Após a realização do teste, o mesmo procedimento foi realizado para verificar o surgimento de alguma queixa de dor após o uso do *software*. A figura 68, apresenta o gráfico das regiões das queixas de dor antes do experimento em relação ao número de indivíduos, totalizando 4 pontos de queixas de dor. A figura 69, apresenta o gráfico de indicação de dor após o experimento em relação ao número de indivíduos, sendo que alguns dos participantes apresentaram mais de uma região de dor, totalizando 23 pontos de queixas de dor. Nenhum dos participantes indicou dor na região das mãos, apenas 1 participante indicou formigamento nas duas mãos.

Figura 68 – Gráfico de dor antes do teste



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 69 – Gráfico de dor depois do teste



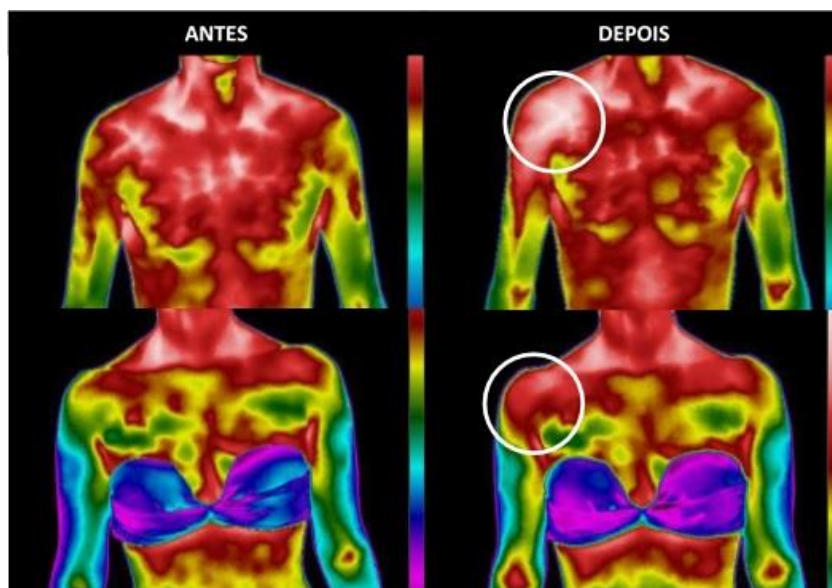
Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas dos participantes no questionário de dor, deram apoio para análise das imagens térmicas dos momentos antes e depois do teste. Sendo possível verificar alguns padrões de alterações térmicas nos participantes, ajudando a entender o que ocorrer no corpo dos usuários ao realizar a atividade.

Foi observado um aumento da atividade no ombro direito dos participantes, após o teste, (91,66%, n=11) apresentaram essa alteração nas imagens térmicas (Fig. 70, p. 129), o que pode justificar a queixa de dor na região indicada por (58,33%, n=7) dos indivíduos. Com exceção do único participantes canhoto do experimento, que não foram identificadas alterações significativas em nenhum dos ombros, provavelmente

por ter utilizado a estratégia de reverter os membros superiores para execução da atividade.

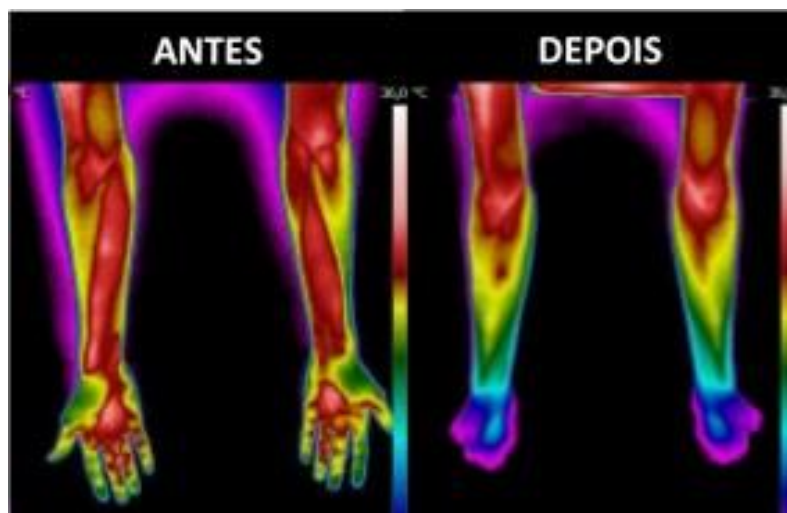
Figura 70 – Aumento da atividade no ombro direito



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra similaridade identificada, foi a queda de temperatura dos membros superiores após o teste (Fig. 71), acusada por (66,66%, n=8) dos participantes, principalmente na região das mãos, resultado típico da atividade com braços suspenso por tempo prolongado e resposta fisiológica a atividade com predomínio de contrações estáticas em relação a contrações dinâmicas. No entanto, não foram relatadas queixas expressivas nessas regiões, apenas 1 participante indicou formigamento nas mãos, que pode ser justificado pela vasoconstrição e esfriamento da região.

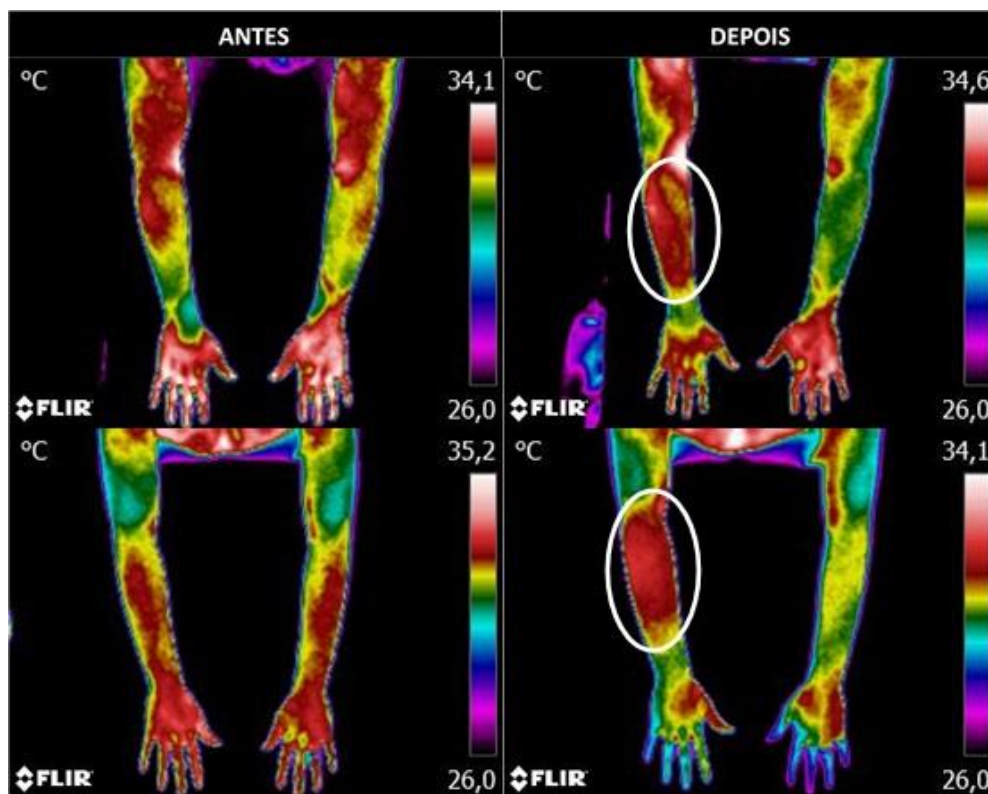
Figura 71 – Queda de temperatura nos braços após os testes



Fonte: Elaborado pelo autor

Alguns participantes (75%, n=9), apontaram dores leves no antebraço do membro que mais utilizaram para realização da atividade, onde houve um uso contínuo do membro sem descanso ou revezamento (Fig. 72).

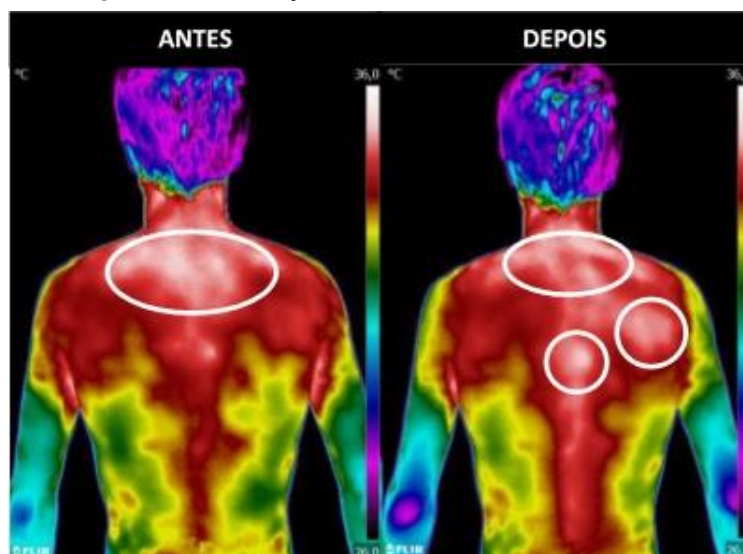
Figura 72 – Aumento da atividade no antebraço



Fonte: Elaborado pelo autor

Um total de (66,66%, n=8) dos voluntários, se queixaram de dores nas costas em diferentes regiões (cervical, dorsal e lombar), resultado da postura estática do tronco por tempo prolongado. As imagens térmicas comprovaram essas indicações (Fig. 73, p. 131), confirmando a eficiência da termografia como ferramenta para verificação de dor, complementando a subjetividade dos relatos dos indivíduos, oferecendo dados mais objetivos para avaliação.

Figura 73 – Alterações funcionais indicativas de dor



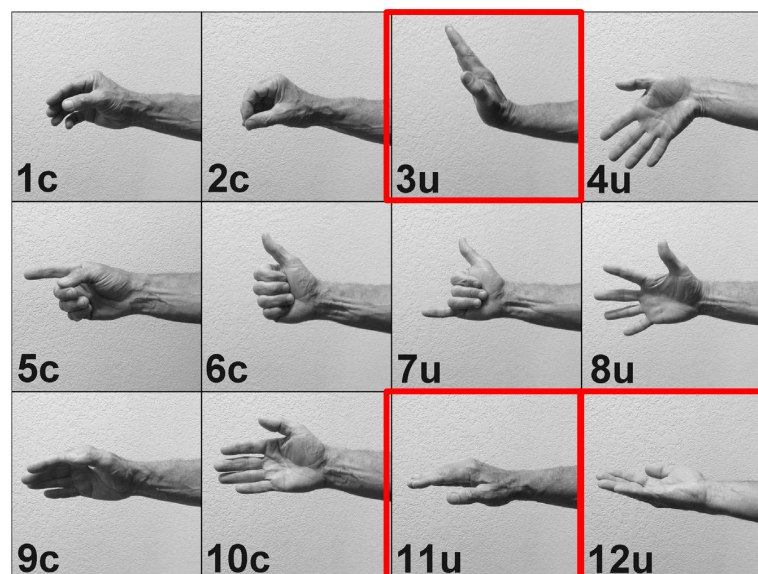
Fonte: Elaborado pelo autor

Após verificar questões ergonômicas através do método RULA e por meio da análise das imagens térmicas, percebemos diversos problemas ergonômicos que dificultam a boa interação dos usuários com a interface gestual do *software* de modelagem 3D. A realização da interação por tempo demasiado com os membros elevados, sem o descanso e a compensação através da variação entre membros direito e esquerdo, foi um dos maiores problemas verificados. As referências indicam que não devemos projetar atividades com membros elevados por mais de 2 minutos sem descanso (IIDA, 2005). Isso causou problemas de dores nos ombros e costas, por essas regiões suportarem o peso dos membros superiores. A atividade com predomínio de contrações estáticas em relação a contrações dinâmicas resultou em resfriamento dos membros superiores, causando formigamento ou fadiga.

Com relação aos gestos das mãos, não foram identificadas queixas de incômodos ou problemas nas imagens térmicas, mas as indicações de maior atividades no antebraço do membro mais utilizado, podem ter ocorrido devido o gesto de apontamento com a musculatura contraída, resultando no trabalho desse grupo muscular, causando dores leves nessa região. Verificamos também alguns gestos desconfortáveis indicados por Rempel et al. (2014), que foram executados pelos usuários e que fazem parte dos comandos gestuais da interface, mas os participantes não se queixaram de dores ou incômodos na região. Foram os casos dos gestos 3u, 11u e 12u (Fig. 74, p. 132), mas

que devem ser substituídos por gestos mais confortáveis, uma vez que com o uso frequente do *software* podem resultar no surgimento de problems.

Figura 74 – Gestos desconfortáveis executados nos testes



Fonte: Rempel et al (2014).

Completamos a análise física destacando que existe uma tendência de sobrecarga nos ombros, costas e antebraço. Tendo em vista que a atividade de modelagem 3D tradicional, pode ultrapassar bastante o tempo conferido nesse experimento, a aplicação de uma interface gestual para a modelagem 3D em períodos de longa duração e frequência, podem ocasionar o surgimento de DORT nos usuários desse tipo de sistema. Assim, indicamos melhorias ergonômicas na interação com a interface e a realização de outros testes com a termografia, para avaliar a aplicação desse tipo de interface para uso profissional ou outras experiências com uso prolongado. Caso contrário, não é indicado o uso da interface por tempo demasiado.

No capítulo seguinte finalizamos a pesquisa com as conclusões, recomendações e considerações finais, que serão discutidas conformes os objetivos e hipóteses dessa pesquisa. E as recomendações para soluções dos problemas da interface, serão oferecidas conforme as 12 heurísticas desenvolvidas para esse estudo específico.

6 CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discursão finais dessa dissertação serão apresentados nesse capítulo. Para isso, é importante relacionar as conclusões e recomendações de acordo com o que já foi apontado nos capítulos anteriores. Deste modo, relacionaremos os achados dessa pesquisa de acordo com os objetivos e hipóteses traçadas. As recomendações para soluções dos problemas encontrados foram desenvolvidas a partir dos referenciais teóricos que apoiaram esse estudo. E por último, damos as considerações finais para apresentar as dificuldade encontradas, a falhas da pesquisa e sugestões para futuras investigações no âmbito das interfaces gestuais.

6.1 CONCLUSÕES

Com relação ao objetivo geral dessa pesquisa, que foi analisar os aspectos ergonômicos e de usabilidade da interface gestual aplicados em *software* de modelagem 3D, utilizando o *software* Sculpting como estudo de caso, obtivemos resultados relevantes, graças a seleção de métodos e ferramentas adequadas, que beneficiaram a avaliação desse tipo de interface. Podendo servir como modelo para futuras avaliações de *softwares* dessa categoria.

6.1.1 ESTUDO I – AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Iniciando com a avaliação por especialistas em usabilidade, onde foram desenvolvidas heurísticas específicas para interfaces gestuais com base em estudos atuais e relevantes, porém, é importante destacar que estes seguiram a essência das heurísticas convencionais muito aplicadas e aceitas na área de usabilidade. Sendo essa etapa importante para identificação dos problemas mais graves e aos mesmo tempo auxiliou a configuração do teste de usabilidade para usuários reais. Onde foi possível ser estimado o tempo de execução do experimento e as tarefas a serem executadas. Também foi observada a oportunidade de averiguar questões emocionais através da termografia, visto que os especialista relataram um aumento do nível de estresse ao utilizar a interface, assim como a demonstração de cansaço e dores durante o uso do *software*, sugerindo problemas de ergonomia física.

6.1.2 ESTUDO II - AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

Em seguida, o teste com os usuários reais, possibilitou verificar se a integração do dispositivo Leap Motion e o *software* Sculpting, estavam de acordo com os princípios de usabilidade. Foi possível conferir questões de compatibilidade dos gestos utilizados para a manipulação da interface, verificando o desempenho e a opinião dos usuários ao utilizar o *software*.

A primeira hipótese (verificada na avaliação heurística e de usabilidade): O *software* Sculpting aliado com o dispositivo de interação gestual Leap Motion não possibilitam aos usuário realizarem a modelagem 3D com eficácia e eficiência.

Foi comprovada. Pois, a modelagem 3D com o *software* Sculpting manipulado através do Leap Motion, não possui um nível aceitável de eficácia, devido ao baixo número de usuários que conseguiram atingir o objetivo de modelar o objeto proposto, onde foi percebido um grande problema no controle e na precisão da modelagem. Deste modo, sendo considerado um problema grave, visto que a modelagem 3D é o principal objetivo desse tipo de *software*. Com relação a eficiência, mesmo nos usuários que conseguiram atingir o objetivo proposto no experimento, verificamos dificuldade em executar as tarefas com facilidade, demorando para concluí-las e pela demonstração de dificuldade através do relato verbal e da observação de erros durante o uso. Assim, notamos que os 3 tipos de tarefas que geralmente são oferecidos em ambientes de interação 3D, classificados por Iacolina (2013) como: seleção e manipulação em ambiente 3D; navegação, e controle do sistema, não atendem ao requisitos para que a interface seja considerada como eficaz e eficiente.

A segunda hipótese (verificada na avaliação de usabilidade): A termografia digital por infravermelho pode identificar alterações do nível de estresse dos usuários ao utilizar uma interface gestual, podendo auxiliar na investigação da satisfação do usuário em testes de usabilidade.

Também foi confirmada, onde constatamos que através da termografia digital por infravermelho é possível identificar alterações do nível de estresse nos usuários ao utilizar uma interface gestual problemática. Desta forma, comparamos a experiência relatada nos questionários emocionais com as imagens térmicas dos rostos dos participantes, antes e depois do teste. Assim, observamos que o uso da interface

gestual, ocasionou queda de temperatura nas áreas selecionadas (nariz e bochecha) dos usuários indicando aumento do nível de estresse. O que de acordo com a literatura é confirmado em outros experimentos, utilizando a termografia digital por infravermelho (PAVLIDIS et al., 2001; MERLA e ROMANI, 2007; IOANNOU et al., 2014). Esse aumento de estresse pode influenciar na satisfação do usuário e anseio de continuar utilizando a interface.

6.1.3 ESTUDO III - AVALIAÇÃO ERGONÔMICA

Através do método de avaliação rápida dos membros superiores (RULA), da observação dos usuários através de gravações audiovisuais e o auxílio da bibliografia específica, verificamos problemas evidentes na ergonomia física. Assim como comprovamos a eficiência da ferramenta da termografia digital por infravermelho para verificar questões físicas dos usuários da interface gestual.

A terceira hipótese (verificada na avaliação ergonômica): O uso de interfaces gestuais podem ocasionar problemas musculoesqueléticos em seus usuários e o uso da termografia digital por infravermelho pode auxiliar os métodos de avaliação ergonômica a identificar problemas físicos com o uso da interface.

Foi comprovada. Verificamos que a maioria dos participantes dos experimentos relataram cansaço nos membros superiores, além de algum tipo de dor na região das costas, trapézio, ombro e braços, através de um questionário de dor preenchido antes e depois da atividade. Essas informações foram comparadas com as imagens termográficas que foram registradas antes e depois do uso da interface. Assim, obtivemos resultados expressivos e que comprovaram que as áreas indicadas pelos usuário realmente possuíam alterações funcionais nas imagens térmicas, comprovando que o uso da termografia, para avaliar questões físicas, pode ser eficiente no estudo de interfaces gestuais em ambiente de interação 3D.

Portanto, em linhas gerais, ao final da pesquisa foi possível alcançar os objetivos traçados e comprovar as hipóteses levantadas. Assim, destacamos que a aplicação da interface gestual no *software* Sculpting, ainda não é adequado para se obter resultados com eficácia e eficiência. Sendo necessário o melhoramento da interface, para se obter melhor usabilidade e conforto físico.

Um dos grandes aprendizados dessa pesquisa foi a importância de explorar novos métodos e ferramentas de avaliação, para complementar os métodos tradicionais já utilizados na análise de artefatos. Destacando-se, deste modo, a termografia digital por infravermelho, que demonstrou ser uma ferramenta eficiente para avaliar questões físicas e de estresse dos usuários, oferecendo resultados mais objetivos e mensuráveis.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Para estabelecer as recomendações utilizamos como base as 12 heurísticas desenvolvidas para esse estudo. Desde modo, empregamos as contribuições dos especialistas, já mencionadas anteriormente, e também o acréscimo de soluções desenvolvidas por parte do pesquisador, que também buscaram solucionar os problemas percebidos nas observações e comentários no teste de usabilidade como usuários reais. Através de soluções que foram fundamentadas com base na usabilidade, no design de interação e na ergonomia.

Feedback

- Uso de sons para informar que a opção do menu foi selecionada e para notificar erros;
- Uso de contraste de cores para complementar o reconhecimento da ferramenta selecionada e para destacar o cursor na interface. Sugerimos que o cursor altere a cor quando estiver executando tarefa específica como modelagem, seleção do menu ou percorrendo a interface;
- Os ícones das opções selecionadas que estiverem em uso, devem ser apresentados na interface em local que não interfira na visualização do objeto a ser modelado;
- Uso de contraste de cores e contornos para identificação da área que está sendo modelada no objeto;
- Uso de símbolo para sinalizar o idioma em uso.

Correspondência e Reconhecimento

- Substituir os gestos de esconder e mostrar o menu, para um gesto mais simples e que o sistema reconheça com maior facilidade. Também é necessário dar mais

de uma alternativa para esses comando, dessa forma o usuário poderá escolher qual é a melhor opção para ele. Para essa segunda alternativa de ativar e desativar o menu, recomenda-se o uso de um botão situados em áreas que não atrapalhem a modelagem e que seja de fácil visualização e alcance.

- As funções mais importantes e com maior frequência de uso para modelagem devem ser posicionadas em áreas estratégicas, para serem alcançadas facilmente. Recomenda-se uma priorização de destaque nas opções de edição, que são: ferramentas de modelagem e pintura, tamanho e sensibilidade da ferramenta, cores, desfazer, refazer e salvar projeto.
- É recomendado que o menu esteja situado em uma área de fácil acesso e alcance. A área inferior ou à esquerda da interface são alternativa para posicionar o menu, pois demonstraram melhor eficiência de alcance nos testes com usuário.
- Possibilitar ao usuário a escolha do idioma da interface em área de fácil reconhecimento e em destaque na interface. Recomenda-se o uso de ícones como a bandeira do idioma e texto complementar, semelhante ao que ocorre em *websites*.

Saídas Claras Indicadas

- Destacar o comando desfazer na interface, tendo em vista que é muito utilizado na atividade de modelagem 3D.
- Utilização de elementos já convencionados em *softwares* para saída de opções indesejadas como “X” em interface Windows e círculo vermelho em interface Mac.
- Utilizar o recurso de histórico de ações, para facilitar o desfazer de várias ações indesejadas na modelagem.

Prevenção e Correção de Erros

- Bloquear a modelagem do objeto no momento que o usuário estiver escolhendo opções no menu, para evitar ações involuntárias no objeto.
- Notificar quando as mãos saírem do campo de alcance do sensor e oferecer calibração do campo de alcance caso o usuário esteja com dificuldade.
- Notificar que o projeto não foi salvo ou está a muito tempo sem ser salvo.

- Oferecer salvamento automático da modelagem e notificação dessa ação.

Clareza

- Utilizar recursos gráfico, como ícones de fácil reconhecimento.
- Fazer uso de convenções como ícones de salvar, desfazer ação, fechar, entre outros elementos comuns em outros *softwares* que fazem parte do repertório do usuário.

Consistência

- Utilizar gestos para modelagem mais próxima do mundo-real. Recomenda-se o uso de gestos semelhantes a modelagem de “massinha de modelar”, algo próximo a modelagem do objeto na mãos do próprio usuário, para esticar, achatar e amassar.
- Utilização de malha para setorizar/segmentar o objeto modelado, semelhante a outros *softwares* de modelagem. Essa setorização também deverá permitir a seleção da área a ser modelada.

Compatibilidade e Adaptabilidade

- Deve existir a opção de calibração do campo de alcance da interface, que deve estar de acordo com a capacidade e preferência do usuário.
- Os gestos devem ser planejados para serem realizados com apenas uma das mãos ou dar mais de uma alternativa de gestos, tornando a interface mais acessível para usuários que possuem apenas um dos membros superiores.
- Deve existir a possibilidade do usuário modificar o posicionamento do menu. Recomenda-se que para usuário destros o menu fique posicionado na lado esquerdo e/ou inferior da tela, para usuário canhotos o posicionamento pode estar no lado direito e/ou inferior da tela, devido ao movimento de apontamento ser mais confortável nessas posições.

Ajuda e Documentação

- Desenvolver tutorial com animações e com exemplos práticos do uso das ferramentas.
- As opções do menu devem possuir recurso para que o usuário acesse e aprenda

qual o funcionamento. Recomenda-se o uso de ícones como “?” ou pop-up como animações breves, que podem ser desativadas caso o usuário prefira.

Recursos do Usuário

- Desenvolver interface ajustável para os níveis de conhecimento dos usuários iniciantes, intermediários e experientes.
- O *software* deve possuir recurso de rastreamento da configuração das mãos, para evitar interpretações erradas dos gestos. Principalmente nos casos que o “dedo médio” é maior que o restante dos dedos, confundido o sistema com o gesto de apontamento. Esse recurso pode ser mesclado com o recurso de calibração do alcance da tela, como uma opção de calibração geral das preferências e limitações do usuário.

Conforto

- Ajustar o campo de alcance da tela para reduzir gestos de apontamento que necessitem que os braços fiquem levantado sem apoio, evitando fadiga e desgaste muscular dos ombros e costas.
- Como já dito anteriormente, o menu deve ser ajustável às preferências e limitações dos usuários. O posicionamento das opções e forma de escolha deve favorecer uma seleção rápida e com menor esforço físico.
- Oferecer recomendações ergonômicas para evitar fadiga e dores, assim como mensagens para descansar ou realizar revezamento dos membros superiores ou realizar pausa na atividade.

Imersão

- A imersão está relacionada ao conforto físico e ao desempenho do usuário em executar as tarefas corretamente. Deste modo, a solução das demais heurísticas favorece uma melhor imersão.
- Seria interessante o *software* permitir a possibilidade de utilizar óculos de realidade virtual para realizar a modelagem 3D. Oferecendo maior noção de profundidade e uma melhor experiência imersiva, onde o usuário poderá sentir que está dentro do ambiente 3D.

Aprendizibilidade

- Alterar o gestos de esconder/mostrar menu, para que seja mais simples de ser executado.
- Ao primeiro contato com a interface, pode existir um “*tour*”, ou seja, passagem por todos os elementos da interface para ensinar ao usuário suas funções.

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente interfaces gestuais estão sendo utilizadas como proposta de atualização e substituição de formas convencionais de interação. Porém, no caso da modelagem 3D, entendemos que essa forma de interação ainda não supera o desempenho dos usuários em comparação com o uso do mouse, teclado, mesa digitalizadora e outros dispositivos comuns nessa área, o que já foi percebido nos estudos de (YANG et al., 2012; OLIVEIRA, 2013; COELHO E VERBEEK, 2014) e nos relatos dos participantes no teste como usuários reais.

No entanto, percebemos o potencial que a interação gestual possui para aplicação em *softwares* de visualização de objetos 3D, ou seja, a manipulação da câmera para mostrar o objeto em várias posições no ambiente. Esse recurso foi aprendido facilmente pelos participantes, causando uma experiência divertida e fora do convencional, sendo uma atividade que pode ser executada rapidamente e sem necessidade de muito treinamento. Assim, evitando problemas ergonômicos que a modelagem 3D pode ocasionar, pela necessidade de dedicação de tempo, treinamento específico e uso prolongado dos membros superiores com movimentos repetitivos e sobrecarga musculoesquelética nos ombros e costas. Podendo ser um recurso utilizado para apresentação de projetos, onde clientes e profissionais podem interagir com o objeto 3D, algo menos complexo quando comparado a manipulação de câmera em *softwares* mais robustos e que não possuem interface gestual.

Falhas e carências na pesquisa:

- A falta de disponibilidade de alguns equipamentos no laboratório de ergonomia da UFPE, principalmente a câmera térmica digital, impediu que pudéssemos ampliar nossa amostra de participantes. Tendo em vista que os equipamentos utilizados

foram disponibilizados por parceiros de universidades de outros estados;

- O recrutamento dos participantes também foi uma limitação. Por se tratar de um experimento de duração prolongada e a necessidade da área registrada estar despida, o que causou uma certa dificuldade para recrutar os participantes;
- Para obter resultados mais ricos, seria necessário repetir o experimento após um período com os mesmo participantes, sendo possível verificar questões de aprendizado, e ainda comparar questões fisiológicas e emocionais nos dois momentos;
- Para uma melhor avaliação seria necessário um estudo com uso do Leap Motion em comparação com o uso do mouse e teclado, para verificar questões de desempenho e satisfação do usuário, assim como as consequência fisiológicas das duas atividades, porém o sistema do *software* analisado só permite a interação através de gestos com Leap Motion, limitando esse tipo de avaliação;

Recomendações para futuros estudos:

- Rever os formatos tradicionais de avaliação ergonômica e de usabilidade para incluir ferramentas que avaliem a experiência real do usuários comparando com a experiência relatada, obtendo resultados mais objetivos;
- Aumentar a amostra desse experimento e verificar a correlação das variáveis;
- Aplicação das heurísticas específicas desenvolvidas nesse estudo para avaliar outras interfaces gestuais;
- Análise ergonômica com auxílio da Termografia Digital na avaliação de diferentes tipos de artefatos. Em especial, o uso de *softwares* computacionais, os *smartphones* e os videogames interativos, por serem produtos que utilizam interação gestual e que são utilizados com frequência por seus usuários, sendo importante conhecer melhor suas consequências a saúde das pessoas;
- Aplicação da termografia para verificar questões emocionais que envolvam experimentação de novos produtos e a satisfação do usuário, com uma amostra expressiva de participantes;
- Aplicação da termografia no processo de desenvolvimento de interfaces, para verificar questões de usabilidade e ergonômica.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARLA, V. K.; JAKUS, G.; SODNIK, J.. **Design and Evaluation of Freehand Gesture Interaction for Light Field Display**. M. Kurosu (Ed.): Human-Computer Interaction, Part II, HCII 2015, LNCS 9170. Switzerland: Springer International Publishing. p. 54–65, 2015.
- AGNER, L., ROEDEL, B. S., FIGUEROA, F. B., ZAVAM, G., MONTEIRO, L. C. S., e de Medeiros GOMES, L. A.. **Avaliação de usabilidade do jornalismo para tablets: interações por gestos em um aplicativo de notícias**. In: *Anais da Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação - XXXV Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Fortaleza, CE, 2012*. Disponível em: <<http://www.agner.com.br/wp-content/uploads/2012/11/ARTIGO-INTERACTION-SA-2012-FINAL-OK.pdf>> Acesso em: 04 de julho 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. **Norma ERG BR 1000: Estabelecimento do Organismo Certificador do Ergonomista Brasileiro (OCEB): aprovada na Assembléia Geral Ordinária da ABERGO, 4 de setembro de 2002**. Recife, 2003. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia> Acesso em: 10 de maio de 2017.
- AZMI, N. Z.. **A Natural Interface for 3D Manipulation**. Doctorate degree of Philosophy (Thesis) at the University of Otago, Dunedin. New Zealand, 2014.
- BARROS, R. Q., SOARES, M. M., MARÇAL, M. A., TAVARES, A. S., OLIVEIRA, J. A., SILVA, J. R., ... e NETO, G. O.. **Using Digital Thermography to Analyse the Product User's Affective Experience of a Product**. In: *Advances in Ergonomics in Design*. Springer International Publishing, 2016. p. 97-107.
- BARROS, R. Q.. **Aplicação da neuroergonomia, rastreamento ocular e termografia por infravermelho na avaliação de produto de consumo: um estudo de usabilidade**. Dissertação [Mestrado em Design] Universidade Federal de Pernambuco. 2016.
- BEVAN, N.; CARTER, J.; EARTHY, J.; GEIS, T.; HARKER, S.. **New ISO Standards for Usability, Usability Reports and Usability Measures**. M. Kurosu (Ed.): HCI

2016, Part I, LNCS 9731, Springer International Publishing Switzerland 2016. p. 268–278, 2016.

BRAGA, A. S.. **Design de Interface: As origens do design e sua influência na produção da hipermídia.** Dissertação de Mestrado em Comunicação e Semiótica. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2004.

BRIOSCHI, M. L.. **A história da termografia.** Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, v. 91, n. 92, p. 7.2, 2008.

BRIOSCHI, M. L.; MACEDO, J. F.; MACEDO, R. de A. C.. **Termometria cutânea: novos conceitos.** J Vasc Bras, v. 2, p. 151-60, 2003.

BRIOSCHI, M. L.; MATIAS, J. E. F.; TEIXEIRA, M. J.; VARGAS, J. V. **IR Remote Sensing to Measure Human Being Stress Level.** InfraMation 2010 Proceedings, 2010.

BRIOSCHI, M. L.; SILVA, F. M. R. M.; COLMAN, D.; ADRATT, E.; LAIBIDA, C.. **Termografia pericial.** Revista Brasileira de Fisioperapia do Trabalho, v. 1, n. 3, p. 82-7, 2011.

BUXTON, B.. **Gesture based interaction.** 2011. Disponível em: www.billbuxton.com/input14.Gesture.pdf. Acesso em agosto de 2015.

CABREIRA, A.; MÜLLING, T.. **Perspectivas para novas interfaces: Kinect e integrações gestuais sob o panorama de interfaces naturais do usuário.** In: *Congresso Sul Americano de Design de Interação*, 4., 2012, São Paulo. Anais eletrônicos. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2012. Disponível em: <http://blogs.anhembi.br/isa2012/anais/artigos/23.pdf>. Acesso em: 4 julho de 2016.

CALAIS, S. L.; ANDRADE, L. M. B. de; LIPP, M. E. N.. **Diferenças de sexo e escolaridade na manifestação de stress em adultos jovens.** Psicologia: Reflexão e crítica, p. 257-263, 2003.

Calvin, K. L.; Duffy, V. G. **Development of a facial skin temperature-based methodology for non-intrusive mental workload measurement.** Occupational Ergonomics, 7, 83–94, 2007.

CHUAN, N. K. ;SIVAJI, A. ;AHMAD, W. F. W.. **Usability Heuristics for Heuristic Evaluation of Gestural Interaction in HCI**. A. Marcus (Ed.): DUXU 2015, Part I, LNCS 9186. Springer International Publishing Switzerland 2015. p. 138–148, 2015.

COELHO, J. C., VERBEEK, F. J.: **Pointing task evaluation of leap motion controller in 3d virtual environment**. In: Creating the Difference: Proceedings of the Chisparks 2014 Conference, p. 78–85. The Hague, The Netherlands, 2014.

CRUZ-ALBARRAN, I. A.; BENITEZ-RANGEL, J. P.; OSORNIO-RIOS, R. A.; MORALES-HERNANDEZ, L. A.. **Human emotions detection based on a smart-thermal system of thermographic images**. Infrared Physics & Technology, v. 81, p. 250-261, 2017.

CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R.. 2015. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações**. 3ed. São Paulo, Novatec.

DALFORNO, Andrea. **Métodos de avaliação da usabilidade**. Disponível em: <<http://andreadalforno.wordpress.com/2012/12/08/metodos-de-avaliacao-da-usabilidade/>> Acesso em: 24 de julho de 2014.

DOS SANTOS, M.; DA SILVA, L. ; SOUZA JÚNIOR, J.; LEMOS, T.. **Termografia: uma ferramenta de auxílio no diagnóstico fisioterapêutico–revisão de literatura**. Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal, 2014.

DUMAS, J. S e REDISH, J. C. (1999). **A Practical Guide to Usability Testing (Revised Edition)**. Exeter, UK: Intellect, 1999.

ENGERT, V.; MERLA, A.; GRANT, J. A.; CARDONE, D.; TUSCHE, A.; SINGER, T.. **Exploring the use of thermal infrared imaging in human stress research**. PloS one, v. 9, n. 3, p. e90782, 2014.

ETHERINGTON, D.. **Leap Motion Launches With Limited Appeal, But It Could Be A Ticking Time Bomb Of Innovation**. Tech Crunch, 2013. Disponível em: <<https://techcrunch.com/2013/07/22/leap-motion-launches-with-limited-appeal-but-it-could-be-a-ticking-time-bomb-of-innovation/>> Acesso em: 02 de agosto de 2016.

FABIANI, G.; MCFARLAND, D.; WOLPAW, J.; PFURTSCHELLER, G. **Conversion of EEG activity into cursor movement by a brain-compute interface (BCI)**. IEE

Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, v. 12, n. 3, p. 331-338. 2004. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15473195>>.

FALCÃO, C.; LEMOS, A. C.; SOARES, M. M.. **Evaluation of Natural User Interface: A Usability Study Based on The Leap Motion Device**. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015.

FANINI, B. **A 3D Interface to Explore and Manipulate Multi-Scale Virtual Scenes using the Leap Motion Controller**. In Proceedings of The Seventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2014), Barcelona, Spain, 23–27 March 2014; p. 258–263.

FLIR (2017). **FLIR Ex-Series™ Infrared Cameras with MSX®**. Disponível em: <<http://www.flir.com/instruments/ex-series/>> Acesso em: 10 de maio de 2017.

GOPRO (2017). **Site Oficial GoPro**. Disponível em: <<https://pt.gopro.com/>> Acesso em: 10 de maio de 2017.

GRANDJEAN, E.; KROEMER, K. H. E. **Manual de ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem**. trad. Lia Buarque de Macedo Guimarães. 5ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 2005.

HEWETT, T. T. et al. **ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction**. ACM, 1992.

HUTCHINSON, L.. **Hands-on with the Leap Motion Controller: Cool, but frustrating as hell**. Ars Technica, 2013. Disponível em: <<http://arstechnica.com/gadgets/2013/07/hands-on-with-the-leap-motion-controller-cool-but-frustrating-as-hell/>> Acesso em: 02 de agosto de 2016.

IACOLINA, S. A.. **Interactive Spaces: Natural interfaces supporting gestures and manipulations in interactive spaces**. Ciclo XXVI - PhD course of Computer Science. PhD School of Mathematics and Computer Science. University of Cagliari, 2012-2013.

IIDA, I.. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

INCOTERM (2017). **Incoterm®: soluções em medição**. <Disponível em: <http://www.incoterm.com.br>> Acesso em: 12 de julho de 2017.

ISO 9241-11. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11: Guidance on usability.** Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization, 1998.

JENKINS, S.; BROWN, R.; RUTTERFORD, N. **Comparing thermographic, EEG, and subjective measures of affective experience during simulated interactions.** International Journal of Design. v. 3 n. 2 p. 53-65. 2009.

JOHNSON, S. **Cultura da interface: como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar.** Tradução: Maria Luísa X. de A. Borges; Revisão técnica: Paulo Vaz. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2001.

KIM, J.; HAN, S. H. 2008. **A methodology for developing a usability index of consumer electronic products.** International Journal of Industrial Ergonomics 38: 333-345.

KREIBIG, S. D. **Autonomic nervous system activity in emotion: A review.** Biological Psychology. 84 p. 394–421. 2010.

LEAP MOTION. **Leap Motion.** Disponível em: <www.leapmotion.com> Acesso em: 12 de julho de 2017.

LEVENTHAL, L.; BARNES, J.. **Usability Engineering: Process, Products and Examples.** New Jersey: Pearson Education, Inc. 2008.

LIKERT, R.. **A Technique for the Measurement of Attitudes.** Archives of Psychology, Vol 22 140, 1932, p. 1-55.

LOBACH, B.. **Design Industrial: Bases para configuração de produtos industriais.** Tradução Freddy Van Camp. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 2001.

MAIA FILHO, I. A.; Teixeira, M. M.; Maia, I. M. O. 2014. **Os Gestos como uma forma cognitiva de interação homem-computador.** In: Coutinho, Solange G.; Moura, Monica; Campello, Silvio Barreto; Cadena, Renata A.; Almeida, Swanne (orgs.). Proceedings of the 6th Information Design International Conference, 5th InfoDesign, 6th CONGIC [= Blucher Design Proceedings, num.2, vol.1]. São Paulo: Blucher, 2014.

MAIKE, V. R. M. L.; BRITTO NETO, L. de S.; GOLDENSTEIN, Siome K.; BARANAUSKAS, Maria C. C.. **Heuristics for NUI Revisited and Put into Practice.**

M. Kurosu (Ed.): Human-Computer Interaction, Part II, HCII 2015, LNCS 9170. Springer International Publishing Switzerland 2015. p. 317–328, 2015.

MARÇAL, M. A., SILVA, F. F.D., NETO, L. F. M.. **Termografia Infravermelha: Avaliação da Sobrecarga muscular Esquelética na Região lombar e Membros Inferiores em uma Linha de Produção.** V Congreso Latino Americano y IV Congreso Peruano de Ergonomía, Lima 2016.

MENDONÇA, Luís Viegas. **Termografia por Infravermelhos Inspeção de Betão.** Engenharia e Vida, v. 1, n. 16, p. 53-57, 2005.

MERLA, A.; ROMANI, G. L. **Thermal Signatures of Emotional Arousal: A Functional Infrared Imaging Study.** IN: Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS Cité Internationale, Lyon, France August 23-26, 2007.

MORAES, Anamaria (Org.). **Design e Avaliação de Interface.** Rio de Janeiro: IUSER, 2002.

NEVES, A.; SILVEIRA, R. ; VITORINO, D.. **Design de interação: além do alcance individual.** In: Amilton J. V. Arruda. (Org.). Design e inovação social [livro eletrônico]. 2ed.: Editora Edgard Blücher Ltda, 2017, v. 1, p. 239-256.

NIELSEN, J.. **10 Usability Heuristics for User Interface Design.** NNGroup, 1995. Disponível em: <<http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Acesso em: 06 de maio de 2014.

NIELSEN, J.. **Quantitative Studies: How many users to test?** Jakob Nielsen's Alertbox: June 26, 2006. Disponível em: <<http://www.nngroup.com/articles/quantitative-studies-how-many-users/>> Acesso em: 04 de outubro de 2016.

NIELSEN, J.. **Usability 101: Introduction to Usability.** NNGroup, 2012. Disponível em: <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. Acesso em: 04 jul. 2016.

NORMAN, D (2010). **Natural User Interfaces Are Not Natural.** Disponível em: <http://www.jnd.org/dn.mss/natural_user_interfa.html>. Acesso em: 14 de abril de 2015.

NORMAN, Donald A.; NIELSEN, Jakob. **Gestural interfaces: a step backward in usability**. Interactions, v. 17, n. 5, p. 46-49, 2010. Disponível em: <http://www.jnd.org/dn.mss/gestural_interfaces_a_step_backwards_in_usability_6.html>. Acesso em: 14 de abril de 2015.

OSMOND ERGONOMICS. **Rula – Rapid Upper Limb Assessment**. Em: <<http://www.rula.co.uk/>> Acesso em: 21 de julho 2016.

PADILHA, R. A. B.. **Termografia aplicada à análise ergonômica em montadora de veículos**. Monografia de Especialização. Universidade Tecnológica do Estado do Paraná. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, 2013.

PAVLIDIS, I.; LEVINE, J.; BAUKOL, P. **Thermal imaging for anxiety detection**. IEEE, 2, 315–318. 2001.

POGUE, D.. **Leap Motion Controller, Great Hardware in Search of Great Software**. New York Times, 2013. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2013/07/25/technology/personaltech/no-keyboard-and-now-no-touch-screen-either.html?_r=0> Acesso em: 02 de agosto de 2016.

REITEN, J. E.. **3D modelling using Leap Motion: Focusing on homogeneous transforms**. Master of Science in Computer Science. Department of Computer and Information Science, 2014.

REMPEL, D.; CAMILLERI, M. J.; LEE, D. L. **The design of hand gestures for human–computer interaction: lessons from sign language interpreters**. International journal of human-computer studies, v. 72, n. 10, p. 728-735, 2014.

ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J.. **Design de Interação: além da Interação humano-computador**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 585 p.

ROSSETTI, M. O., EHLERS, D. M., GUNTERT, I. B., LEME, I. F., RABELO, I. S. A., TOSI, S. M.; BARRIONUEVO, V. L. (2008). **O inventário de sintomas de stress para adultos de lipp (ISSL) em servidores da polícia federal de São Paulo**. *Revista Brasileira de Terapias Cognitivas*, 4(2), 108-120.

SAFFER, D.. **Designing Gestural Interfaces: Touchscreens and Interactive Devices**. O'Reilly Media, Inc., 2009.

SAFFER, D.. **What are the basic principles of NUI (Natural User Interface) design?** 2014. Disponível em: <<https://www.quora.com/What-are-the-basic-principles-of-NUI-Natural-User-Interface-design>> Acesso em: 14 de abril de 2015

SAINT LUKE'S HEALTH SYSTEM. **Electroencephalogram (EEG)**. Disponível em: <<http://www.saintlukeshealthsystem.org/health-library/electroencephalogram-eeeg>> Acesso em: 28 de julho de 2016.

SOARES, M. M.. **Ergonomia e design: uma interação a ser intensificada**. In: 10. Simpósio Iberoamericano de Ergonomia e Psicosociologia, 2005, Avilés, Espanha. Facilitando la actividade y mejorando el trabalho. Avilés, Espanha: Associação Asturiana de Ergonomia, 2005.

SOARES, M. M.; FALCÃO, C. S.; AHRAN, T.. 2013. **Novas Tecnologias e suas aplicações no Design de Sistemas Educacionais**. In: M. Menezes; M. Moura (Org.) Rumos da pesquisa no design contemporâneo: Relação tecnologia x humanidades (ebook). São Paulo: Estação das Letras e Cores. p. 258-283.

SOUZA, C. S.; Leite, J. C.; Prates, R.O.; Barbosa, S.D.J. **Projeto de Interfaces de Usuário: Perspectivas Cognitiva e Semiótica**. In: *Anais da Jornada de Atualização em Informática*, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Rio de Janeiro, julho de 1999.

TIDWELL, J.. **Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design**, second ed., O'Reilly, Sebastopol, 2012.

TULLIS, T.; ALBERT, B. **Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics**. 1o ed. Burlington/MA - EUA: Morgan Kaufmann, 2008.

UNIVERSO MÁRIO (2017). **480px-Super Mushroom Artwork - Super Mario 3D World.png**. <Disponível em: < http://pt.universomario.wikia.com/wiki/Ficheiro:480px-Super_Mushroom_Artwork_-_Super_Mario_3D_World.png>.

VITORINO, D. F.; SOARES, M. M.; MIRANDA, E. R.; NEVES, A. de O.. **As Instruções Para Interfaces Gestuais: Um Estudo Sobre as Interpretações dos Gestos nas Representações Em 1ª E 3ª Pessoa**. p. 612-622 . In: 1º Congresso Internacional de

Ergonomia Aplicada. Blucher Engineering Proceedings, v.3 n.3. São Paulo: Blucher, 2016.

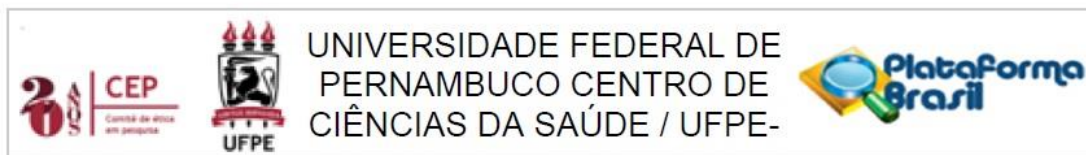
VOSINAKIS S.; KOUTSABASIS, P.; MAKRIS, D.; SAGIA, E.. **A Kinesthetic Approach to Digital Heritage using Leap Motion: The Cycladic Sculpture Application.** 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), Barcelona, 5-8 September 2016, IEEE.

WIGDOR, D.; WIXON, D. **Brave NUI world: designing natural user interfaces for touch and gesture.** Morgan Kaufmann, 2011.

YANG, R., STROZZI, A., LAU, A., LUTTEROTH, C., CHAN, Y., DELMAS, P.. **Bimanual natural user interaction for 3D modelling application using stereo computer vision.** In: Proceedings of the 13th International Conference of the NZ Chapter of the ACM's Special Interest Group on Human-Computer Interaction, p. 44–51 (2012).

ANEXOS

ANEXO 1 (Parecer consubstanciado do CEP)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise de Usabilidade da Interface Gestual Aplicada em Software de Modelagem 3d:
Um Estudo com Leap Motion

Pesquisador: DANILO FERNANDES VITORINO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 63929617.1.0000.5208

Instituição Proponente: Centro de Artes e Comunicação

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.978.739

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 23 de Março de 2017

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador)

ANEXO 2 (Formulário Rula)

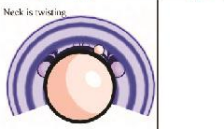
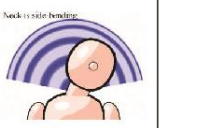
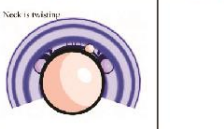
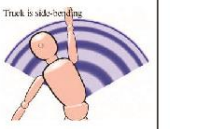
Figura 75 - Página 1 do formulário para a avaliação rápida do membro superior.

RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT					
Client:			Date/time:		Assessor:
Right Side:					
Right Upper Arm					☐ Shoulder is raised ☐ Upper arm is abducted ☐ Leaning or supporting the weight of the arm
Right Lower Arm					☐ Working across the midline of the body or out to the side
Right Wrist					☐ Wrist is bent away from midline Select if wrist is bent away from midline
Right Wrist Twist			Force & Load for the Right hand side SELECT ONLY ONE OF THESE: ☐ No resistance ☐ less than 2kg intermittent load or force ☐ 2-10kg intermittent load or force ☐ 2-10kg static load ☐ 2-10kg repeated loads or forces ☐ 10kg or more intermittent load or force ☐ 10kg static load ☐ 10kg repeated loads or forces ☐ Shock or forces with rapid build-up		
Muscle Use	☐ Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute				
Left Side:					
Left Upper Arm					☐ Shoulder is raised ☐ Upper arm is abducted ☐ Leaning or supporting the weight of the arm
Left Lower Arm					☐ Working across the midline of the body or out to the side
Left Wrist					☐ Wrist is bent away from midline Select if wrist is bent away from midline
Left Wrist Twist			Force & Load for the Left hand side SELECT ONLY ONE OF THESE: ☐ No resistance ☐ less than 2kg intermittent load or force ☐ 2-10kg intermittent load or force ☐ 2-10kg static load ☐ 2-10kg repeated loads or forces ☐ 10kg or more intermittent load or force ☐ 10kg static load ☐ 10kg repeated loads or forces ☐ Shock or forces with rapid build-up		
Muscle Use	☐ Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute				

© 2001-2011

Fonte: (OSMOND ERGONOMICS, 2016)

Figura 76 - Página 2 do formulário para a avaliação rápida do membro superior.

Neck					
Neck Twist					
Neck Side-bend					
Trunk					
Trunk Twist					
Trunk Side-bend					
Legs					
Force & Load for the neck, trunk and legs		SELECT ONLY ONE OF THESE: ☐ No resistance ☐ less than 2kg intermittent load or force ☐ 2-10kg intermittent load or force ☐ 2-10kg static load ☐ 2-10kg repeated loads or forces ☐ 10kg or more intermittent load or force ☐ 10kg static load ☐ 10kg repeated loads or forces ☐ Shock or forces with rapid build-up			
Muscle Use		☐ Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute			



Whilst COPE Occupational Health and Ergonomic Services Ltd (COPE) and Osmond Group Limited (Osmond) have taken every care in preparing this resource, it must be used according to the guidelines based on the original article* by Prof E.N. Corlett and Dr L. McAtamney.

No responsibility will be taken by COPE or Osmond in the use of this resource.

RULA provides a score of a snapshot of the activity as part of a rapid screening tool. The user should refer to the original article* to check the detail of the scoring and correct use of RULA scores. Further investigation and actions may be required.

For further information on methodology, please refer to our on-line guidance at www.rula.co.uk or refer to:

McAtamney, L and Corlett, E.N. Reducing the risks of work related upper limb disorders - A guide and methods. Published by: Institute for Occupational Ergonomics, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, UK. (1992). Tel: +44 (0)115 9514005 for details.

*McAtamney, L. and Corlett, E.N. "RULA - A survey method for investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99



Fonte: (OSMOND ERGONOMICS, 2016)

APÊNDICES

APÊNDICE A – TCLE para o teste de usabilidade



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO

DEPARTAMENTO DE DESIGN

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS USUÁRIOS QUE PARTICIPARÃO DO TESTE DE USABILIDADE

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa (Análise de Usabilidade da Interface Gestual Aplicada em *Software* de Modelagem 3d: Um Estudo com Leap Motion), que está sob a responsabilidade do pesquisador Danilo Fernandes Vitorino, residente na Av. Vasco Rodrigues, 461, apto 004 bloco "A", Peixinhos, Olinda-PE, CEP 53220375, Telefone (81) 98725-3242, e-mail: danilodmster@gmail.com, e está sob a orientação de: Prof. Marcelo Márcio Soares Telefone: (81) 98855-0909, e-mail: soaresmm@gmail.com.

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensíveis, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde com a realização do estudo pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde, não haverá penalização, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- **Descrição da pesquisa:** Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a usabilidade de uma interface manipulada através de gestos em um *software* de modelagem 3D. Deste modo, é necessário que você teste a interface do *software*, para identificar problemas na interface em situações reais de uso. Assim, você seguirá uma sequência de procedimentos para utilizar a interface em um computador com dispositivo Leap Motion (Sensor que traduz os gestos das mãos para interação com *software* compatível) conectado, receberá instruções de uso e como deverá expressar sua opinião durante a realização das atividades, utilizando a linguagem verbal, e por último deverá responder a um questionário. Para registro das atividades realizadas, será utilizada uma câmera de digital, para registrar os seus movimentos e a verbalização de sua opinião durante o uso; também será utilizado um *software* de gravação da tela do computador, para registrar os movimentos na interface gráfica do *software*; e uma

câmera de termografia infravermelha, que registrará suas imagens estáticas antes e depois do experimento, para identificar alterações fisiológicas no seu corpo.

- O experimento será executado uma única vez, sem a necessidade de retorno, com duração total de no máximo 30 minutos.
- Os riscos deste experimentos estão ligados ao constrangimento que você poderá sentir ao executar as tarefas com o *software*, pelo fato de que nessa atividade ocorrerá observação de você trabalhando com um sistema interativo e com eventuais problemas de usabilidade. Porém, esse constrangimento poderá ser minimizado através do esclarecimento de que o sistema é o foco da avaliação e não você; os resultados não representarão nenhuma ameaça a sua vida, seu nome será guardado confidencialmente e não aparecerá nos relatórios; você não será exposto a observação ou comentários de terceiros; será realizada uma pausa caso se sinta cansado ou constrangido; caso o constrangimento seja maior, será preferível encerrar o teste, agradeceremos a sua participação e o liberamos. O constrangimento também poderá ocorrer devido a necessidade do registro através de gravação audiovisual e por foto com câmera termográfica, sendo necessário a parte fotografada está despida. Deste modo, caso seja do sexo masculino deverá realizar o teste de usabilidade sem camisa e do sexo feminino com top ou sutiã, em sala climatizada a 22° C. No entanto, cabendo você escolher se deseja participar do procedimento ou não, sem ser pressionados a participar. Além disso, você fica assegurado de que não serão expostos a observação ou comentários de terceiros, além da preservação da identidade nos relatórios.
- Um dos benefícios deste experimento é o conhecimento de uma nova ferramenta de interação com *software*, a manipulação através de gestos no ar. Ao mesmo tempo, você fará parte do processo de aprimoramento da interação com esse tipo de interface, um estudo que envolve inovação tecnológica e que opinião de usuários reais é extremamente importante. Deste modo, problemas da interface gráfica e ergonomia física poderão ser analisados e futuramente podendo ser solucionados, resultado em um interface gestual mais agradável, confortável e fácil de usar.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa gravações, entrevistas, fotos e filmagens, ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **Análise de Usabilidade da Interface Gestual Aplicada em Software de Modelagem 3d: Um Estudo com Leap Motion**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa

e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B – Comentários individual de cada participante

Participante 1

Apresentou um pouco de dificuldade no início da familiarização, relatando não conseguir acessar as opções do menu, sentindo-se um pouco frustrado por isso. Sentiu um pouco de cansaço no braço, com a necessidade de descansar o braço direito (predominante durante a interação) e utilizou o esquerdo por pouco tempo, retomando a modelagem o com o direito. Durante o teste, relatou que depois que aprendeu a utilizar as funções a atividade ficou menos cansativa. Realizou a modelagem com tranquilidade e não demonstrou alterações de humor, com rosto sempre neutro.

Participante 2

Apresentou dificuldade durante a familiarização, executando alguns erros de seleção indesejada e solicitando ajuda ao facilitador para reverter o erro. Uma das principais dificuldades foi o pouco conhecimento da língua inglesa, que é a única opção de idioma do *software*. Relatou que aos poucos estava se familiarizando, que estava bastante entretido e por isso não estava se sentindo cansado. Durante o teste ficou frustrado com o comando de esconder e mostrar o menu, e na seleção de opções do menu. Achou difícil o controle da modelagem, comparando que a modelagem com o mouse é mais fácil. Ao final, relatou dor nas costas e ombro direito, lado que mais utilizou na modelagem. Não conseguiu realizar a modelagem do objeto, porém estava tranquilo por ser a primeira vez que utilizou o *software* e por ser uma experiência nova, sua reação geralmente era bem humorada mesmo diante de um erro.

Participante 3

Sentiu bastante dificuldade durante a familiarização, efetuando ações indesejadas e expressando frustração. Relatou que é uma interação difícil e que necessita de tempo para aprender. Durante o teste expressou raiva verbalmente, com “baforadas” (expirar o ar com raiva) e disse que estava com vontade de quebrar o dispositivo. O comando esconder e mostrar o menu não foi executado corretamente nenhuma vez, sendo o que mais frustrou o usuário. Ao final ficou mais tranquila quando executou o comando de pintura. Porém, não conseguiu realizar a modelagem do objeto.

Participante 4

Se divertiu bastante no início da familiarização, por ser uma experiência nova. Porém, sentiu dificuldade e cometeu alguns erros de seleção de opções no menu indesejadas. Durante o teste sentiu dificuldade na modelagem e cansou o braço que estava usando, relatando que só utilizaria o braço direito, por ter melhor coordenação motora. Não levou o objetivo de modelar o objeto muito a sério e quando cometia erros, achava engraçado. Foi estimulada para voltar ao objetivo de modelar o objeto, porém não conseguiu modelar o objeto. Achou estressante não conseguir esconder e mostrar o menu, relatando ser o comando mais difícil. Gostou de executar a pintura ao final.

Participante 5

Durante a familiarização teve dificuldade em utilizar a interface, no controle da câmera e modelagem, mas achou interessante a ferramenta. Ao longo do uso foi se estressando por não conseguir esconder e mostrar o menu, ao ponto de falar “palavrões” e dizer que estava com raiva. Também ressaltou que o braço (direito) que estava utilizando estava cansando, mas que só iria utilizá-lo por ter melhor controle. Também se irritou por não conseguir modelar o objeto e pelo sistema não responder aos comandos corretamente. Ao final gostou da ferramenta de pintura.

Participante 6

Durante a familiarização destacou que o braço cansa um pouco, não conseguiu esconder o menu e achou a interface bonita, porém com muita informação. Após várias tentativas, conseguiu esconder o menu, mas não teve sucesso em mostrar o menu, solicitando ajuda para retornar o menu. Não conseguiu modelar o objeto, mas teve tranquilidade, por perceber que evoluiu ao longo do uso. O *software* fechou uma vez sozinho e retornou com algumas falhas gráficas. O comando desfazer foi criticado pelo usuário, por não ser eficiente e não prático. Em uma visão geral, o participante disse que gostou da experiência e que precisa praticar mais vezes para conseguir modelar com mais qualidade.

Participante 7

Ao familiarizar-se com a interface, o voluntário achou a experiência interessante, mas sentiu um pouco de dificuldade. Ao início, falou que iria utilizar apenas o braço esquerdo, por ser canhoto, porém desenvolveu uma estratégia de reversar os braços para não cansar. Só conseguiu esconder o menu uma vez, e destacou que foi por

sorte. Não conseguindo retornar com o menu, solicitando ajuda. Durante o teste não conseguiu modelar o objeto, mas não teve alterações de humor e disse que necessitava de mais prática.

Participante 8

Ao longo da familiarização teve muita dificuldade, achou complicado interagir com a interface e disse que não era uma *software* prático. Teve problemas em identificar a área de alcance do sensor, relatou cansaço no braço direito e alternou o para o braço esquerdo para verificar se seria mais fácil. Não conseguiu realizar o comando de esconder e mostrar o menu, apenas efetuou o comando uma vez sem querer. Durante o teste não conseguiu alcançar o objetivo de modelar o objeto, mas ao final relatou que estava tranquila. Porém, destacou que durante o uso ficou frustrada por não conseguir realizar alguns comandos e a modelagem ocorrer da forma esperada.

Participante 9

Durante a familiarização o participante ficou animado com a interface, várias vezes verbalizou que estava achando interessante, porém achou a resposta do sistema muito rápida e com pouco controle das ações, ativando alguns comandos sem querer. Achou complicado o comando de selecionar as opções no menu através do gesto de apontamento. Durante o teste, sentiu dificuldade de modelar, mas chegou bem próximo da modelagem do objeto, no entanto ressaltou que é difícil e precisa de mais prática. Conseguiu realizar os comandos de esconder e mostrar o menu sem dificuldade. Gostou da ferramenta de pintura e teve dificuldade de alcançar a opção de mudança de cores. Teve reações boas de humor, algumas vezes sorriu e mesmo com alguns erros não ficou frustrando em nenhum momento.

Participante 10

Ao familiarizar-se com a interface o voluntário relatou que o braço estava cansando e dor no ombro do braço que estava utilizando. Teve maior dificuldade no comando de esconder e mostrar o menu, mas conseguiu realizar, destacando que o gesto é diferente do ensinado no tutorial. Durante o teste ressaltou problemas na noção de profundidade e que isso estava interferindo na modelagem. Não conseguiu modelar o objeto e parou algumas vezes por cansaço no braço. Ficou um pouco frustrado, salientando que achou complicada a modelagem.

Participante 11

Durante a familiarização o participante destacou a desaprovação na configuração do menu, não concordando em seu posicionamento em volta da tela. Cansou um pouco o braço, mas falou que a interação é interessante e estimulava continuar a modelagem, reduzindo a sensação de dor. Sugeriu uma sinalização de cores para ficar momentos diferentes no uso da interface, como seleção de menu e modelagem, pois se sentiu um pouco desorientado. Não conseguiu retirar o menu e preferiu não insistir no comando. Modelou muito bem, realizando o objetivo antes do tempo. No entanto, gostou de modelar e fez novamente a modelagem do objeto. Destacou que utiliza um *software* de modelagem 3D com comando parecidos, porém com mouse, isso o ajudou a ter eficácia na atividade. Não demonstrou alterações de humor, sempre neutro e em algumas ocasiões sorriu.

Participante 12

Durante a familiarização não expressou muitas palavras, apenas disse que estava gostando e que a modelagem era um pouco grosseira em comparação com outros *softwares* que ele conhece. Durante o teste teve dificuldade e destacou que não é um *software* fácil de aprender a usar, precisando de treinamento. Acionou algumas opções sem querer e teve dificuldade de realizar o comando de mostrar e esconder o menu. Não teve alterações de humor e disse que estava acostumado com a dificuldade com outros *softwares* de modelagem 3D, destacando que nenhum deles é fácil de utilizar no começo.

APÊNDICE C - Verbalização - Teste de Usabilidade

Participante 1

Familiarização

- Estou sentindo dificuldade.
- Não estou conseguindo acessar o menu.
- O braço está cansando um pouco.
- Estou um pouco frustrado por não conseguir selecionar a opção no menu.
- Selecionei a opção sem querer.
- Estou trocando de braço por causa do cansaço.
- Apreendi a usar o menu.
- Depois que a pessoa entende a lógica, melhora.
- Cliquei em uma opção sem querer.

Início do teste

- No início estava mais cansativo. Mas, depois que aprendi a usar, achei menos cansativo.
- Tive um pouco de dificuldade de esconder o menu.
- Estou pouco cansado, está tranquilo.

Participante 2

Familiarização

- Não estou controlando não.
- Tem alguma área que eu poderia ficar com as mãos?
- Estou achando diferente, nunca experimentei isso antes.
- Pode usar as duas mãos?
- Estou tentando controlar por cima do produto (Leap Motion).
- Coloquei essa opção (*About*) e não consigo sair.

- Aos poucos a pessoa vai se familiarizando.
- Estou tão entretido, que não sinto cansaço.
- Estou achando interessante.
- Não estou conseguindo sair de baixo do objeto.
- Tenho dificuldade com o inglês (preciso de auxílio).
- Escondi o menu sem querer, qual o gesto pra mostrar o menu?
- Estou sentindo um pouco de frustração com relação ao comando de mostrar o menu (Conseguiu depois de várias tentativas).

Teste

- Fechei o programa sem querer.
- Tem hora que fica mais fácil, eu acho.
- Só estou conseguindo deformar o objeto para dentro.
- O difícil é o menu (comando mostrar e esconder menu).
- Parece involuntário, tenho dificuldade de controlar o fluxo da modelagem.
- O desfazer só desfaz um vez?
- Pra desfazer tudo, como faz?
- Até pra escolher a opção no menu estou com dificuldade.
- Os braços estão cansando um pouco e as costas estão doendo.
- Estou tentando tirar o dedo e continua puxando.
- Estou sentindo frustração, mas como é a primeira experiência estou achando divertido.
- É como se tivesse jogando um jogo pela primeira vez e não conseguisse o objetivo.
- Os braços estão doendo um pouco, as costas doendo e vai dando um pouco de raiva.
- Estou achando ruim de controlar a modelagem, com o mouse é mais preciso. Dessa forma é meio involuntária.

- Acho que eu não estou sabendo usar.
- Ele não desfaz várias seguidas não?
- Maior cansaço nas costas, por não ter apoio.
- É meio que involuntário, você tentar girar o objeto e pinta sem querer.
- Acho que não consigo mais do que isso.
- Está começando a doer o ombro direito, que estou usando mais.
- Estou com dificuldade nos movimentos, estou usando os dedos como se fosse o clique do mouse.

Participante 3

Familiarização

- Meu Deus! Não consegui entender. Como faço pra afastar?
- Estou achando muito confuso e sensível. Estou modelando sem querer.
- Estou tentando afastar o objeto e modela sem querer.
- A familiarização está bem ruim.
- Fechei o programa sem querer.
- Não estou conseguindo entender como mexo nisso.
- Não quero modelar ainda, queria tentar usar o menu.
- Cliquei sem querer em salvar.
- Para não selecionar nada, fecho a mão?
- Estou achando bem difícil, é preciso tempo pra entender.
- Quando penso que aprendi a usar, não funciona.
- Eu queria poder afastar a câmera sem modelar o objeto.
- Estou frustrada.
- Estou cansando a mente, não estou conseguindo fazer o que quero.
- Nos *softwares* convencionais temos mais controle, qualquer coisa nesse altera tudo.

- Acho que pessoas com tendinite teriam problema em fazer esses movimentos.
- Não consegui colocar o menu de volta, estou com raiva.
- Vou fazer tudo do zero.
- Esse negócio é difícil.
- A bolinha quando está branco quer dizer que está mais perto de mim?
- Eu não queria fazer isso!
- Acho que precisa de muita prática.

Teste

- Ai que saco!
- Tem como desfazer a operação?
- Não é isso que eu quero.
- Estou com raiva.
- Se em 30 minutos eu não aprendo, quer dizer que é difícil.
- Estou com cansaço pela tensão de não conseguir fazer certo, mais no braço que está parado.
- Estou usando só um braço porque dois fica muito confuso.
- Estou com um pouco raiva.
- É muito sensível.
- Eu acho que se passar a tarde inteira aqui, eu ia conseguir entender como funciona.
- Escondi o menu sem querer, agora não vou conseguir fazer isso.

Participante 4

Familiarização

- Ai meu Deus!
- Sei nem o que estou fazendo.
- Ai que legal!

- Estou adorando, nunca fiz nada assim.
- Estou me achando a garota do 3D.
- Pode usar as duas mãos?
- Fiz alguma coisa sem querer (cliquei em salvar).
- Estou achando divertido.
- Legal! “Risos”.
- Já entendi como funciona, quero começar o teste.

Teste

- Não consigo mostrar o menu.
- Não sei qual ferramenta usar pra modelar.
- O mais difícil na modelagem é saber onde estou tocando.
- O braço que estou usando (direito) está cansando, só estou usando esse porque é o que tenho maior controle. O esquerdo não tenho muita coordenação motora.
- O braço está ficando dormente, cansado (direito).
- Estou começando a entender como funciona.
- O programa fechou sozinho.
- Estou achando engraçado porque não sei fazer a modelagem.
- Eu não desisti de fazer, mas é difícil.
- É muito difícil ter precisão.
- “Risos” Eu acho que desisti de fazer o cogumelo.
- Eu já desisti, vou ficar brincando.
- *Foi estimulada a continuar pelo Facilitador
- As vezes mostrar/esconder o menu não funciona.
- Acho que o mais estressante é mostrar o menu, esconder até vai.
- Que massa! (Com relação a pintura).
- Não sei se é normal, mas estou fazendo o movimento como o dedo parecendo

com o uso do mouse.

- Acho que estou acostumada com outros *softwares* que pinta tudo de uma vez, esse tem que girar para pintar o objeto.
- Coloquei a opção simetria sem querer.

Participante 5

Familiarização

- Fiz alguma coisa errada (mudou o cenário).
- Cara, que da hora!
- Como que gira?
- É complicado, mas é legal.
- Quando não consigo fazer o que quero é irritante, mas depois fica legal.
- Esses cenários são nada haver, deveria ser algo relacionado com tecnologia.
- Ou estou fazendo errado ou não está funcionando.
- Estou frustrada!
- Não funciona, não aparece o menu.
- Ahhhh (Surpresa e feliz), o menu apareceu.
- Com que tirar o comando simetria que coloquei?
- Às vezes é meio confuso, a gente vai mexer na câmera e as vezes acaba modelando o objeto.
- É muito sensível, precisa ter muito controle.
- Tentei clicar no menu e mexeu no objeto.
- Ele é muito sensível, você quer fazer uma coisa e acaba fazendo outra.

Teste

- Socorro! O menu não quer aparecer.
- Cara, isso é muito chato. Esse comando de mostrar/esconder o menu.
- Desisto. Ai que ódio.

- A mão está meio cansada.
- Esse menu é muito irritante.
- Não vai de jeito nenhum.
- Estou com raiva.
- Estou com o braço cansado.
- Jesus vai voltar e esse menu não volta.
- Pode falar palavrão?
- P*** q** p****! É sério! Está f*** aqui!
- Cara, você sente que não tem domínio nenhum.
- Preciso de ajuda pra voltar o menu.
- Posso começar do zero?
- Consegui esconder o menu.
- Preciso de ajuda pra mostrar o menu.
- Alguém conseguiu fazer esse cogumelo?
- Estou com um pouco de dor no estômago. Pode ser porque estou ficando irritada.
- Ai meu Deus!
- Que negócio chato!
- Se fosse meu eu já tinha quebrado esse negócio.
- Eu desisto, não consigo.
- Vou tentar pintar.
- Pintar é legal. Menos complicado.
- Não gostei do comando desfazer.

Participante 6

Familiarização

- O braço cansa um pouco.

- Não estou conseguindo esconder o menu. Isso acontece com outras pessoas?
- A interface eu acho bonita, mas tem muita informação ao redor (cenário na natureza). Se fosse algo mais limpo, simulando uma sala sem muita interferência visual.
- Consegui esconder o menu.

Teste

- Acho que quando o menu sumir não era pra ficar sem nada ao redor, a pessoa pode precisar de algo.
- Você pode colocar o menu de volta?
- As costas estão doendo um pouco, pode ser pela falta de apoio.
- O que mais achei ruim foi esse comando de esconder/mostrar menu, o resto está tranquilo.
- Acho que fiz alguma coisa errada, fechei o programa sem querer.
- Consegui esconder o menu!
- Está um pouco cansativo nas costas, o braço está normal.
- A experiência está boa.
- No começo estava chateado com o comando do menu.
- Com relação a modelagem, preciso de mais prática.
- Estou vendo que estou conseguindo evoluir em alguma coisa, é só questão de treino.
- O programa fechou sozinho.
- O objeto está estranho, cheio de falhas, acho que é algum problema gráfico.
- *Foi necessário reiniciar o programa.
- Outro comando que não entendi foi o desfazer, porque eu desfaço e não acontece nada.
- O programa tem opção de mudar a visualização do 3D? Porque as vezes estou modelando na frente e ele modifica do outro lado sem eu querer.

Participante 7

Familiarização

- É estranho para quem não tem o costume, mas é interessante.
- Ele funciona com a duas mãos?
- Vou reverter as mãos para descansar.
- Muito interessante!
- Cansa o braço.
- Ele não dá nenhuma indicação que está identificando as duas mãos, não é?
- Estou tentando colocar o menu de volta e não consigo.
- Preciso de ajuda pra voltar o menu.

Teste

- Só consegui esconder o menu uma vez, sem querer, e não consegue mostrar o menu nenhuma vez.
- Tentei fazer o objeto, mas não consegui.
- Mas estou tranquilo.

Participante 8

Familiarização

- Meus Deus!
- O menu desapareceu.
- A dificuldade está sendo saber o campo de captura do movimento, o alcance.
- Estou tentando abrir o tutorial e nada acontece.
- Estou achando muito complicado. Não é muito prático não.
- Qual a necessidade desse cenário paradisíaco atrás? (risos)

- Consegui ver o tutorial.
- Já mudei o cenário.
- Consegue esconder o menu, mas não consigo voltar.
- Preciso de ajuda para voltar o menu.
- Cansa o braço na parte do bíceps.

Teste

- Estou tentando como a mão esquerda para ver se é mais fácil.
- Não!!! (escolheu opção sem querer)
- Vou ver novamente o tutorial.
- Não consigo mostrar o menu.
- Estou achando divertido, mas estou achando difícil.
- O braço está cansando, da vontade de descansar o braço.
- É complicado.
- O menu era para ser só na parte inferior da tela.
- Talvez com algumas melhoria ficasse melhor, mas do jeito que está é ruim.
- Não consigo mudar a cor.
- Minha cara vai sair vermelha nessas fotos.
- Ou eu desaprendi ou está dando problema aqui.
- Não consigo nem acionar a cor.
- Estou já mudando esse negócio de posição na mesa.

Participante 9

Familiarização

- Interessante!
- Show!

- Só acho um pouco rápido demais as vezes.
- Massa! Fechando a mão ele para.
- Show de bola!
- Só não consegui achar um padrão.
- É divertido, só achei meio estranho porque não sei mexer.
- Acionei a simetria sem querer.
- É uma coisa totalmente nova.
- Como que seleciona? Ah entendi.
- Para acertar a opção no menu é complicado.
- Para fazer esse objeto do teste vai ser difícil.

Teste

- Estou quase lá, mas a simetria está atrapalhando.
- Onde desativa?
- Melhorou agora sem a simetria.
- É difícil.
- Onde fica a ferramenta de pintar?
- Está difícil de alcançar o menu
- Gostei da ferramenta de pintura.

Participante 10

Familiarização

- Estou com dificuldade para afastar o objeto.
- Estou com dificuldade de tirar o menu da frente.
- O ombro está doendo, por isso estou reversando o braço.

Teste

- Está cansando o braço.
- Consegui mostrar o menu, mas de um jeito diferente do que ensina no tutorial.
- Cansei um pouco, vou descansar as costas.
- Estou com dor na lombar e no ombro.
- Alguém conseguiu fazer isso?
- É massa, estou pegando o jeito.
- Mas a noção de profundidade é complicado, você pensa que está fazendo de um jeito e quando vira está de outro.
- Está muito engraçado o objeto.

Participante 11

Familiarização

- Estou tentando aprender a mexer a câmera.
- O braço cansa.
- Não gostei muito do menu, não deveria ficar ao redor.
- Doe um pouco o braço, mas dá vontade de ficar usando o programa.
- Deveria existir um sistema de cores para sinalizar as ações. Quando está mexendo no menu uma cor, modelando o objeto outra...

Teste

- O menu está atrapalhando.
- Acho que que estou conseguindo fazer.
- Senti um pouco de frustração por acionar as vezes uma opção sem querer, mas dá pra relevar.
- O trapézio doe um pouco.
- Acho que consegui fazer!
- Vou salvar e fazer outra vez já que tem tempo.

- Seria bom se desse pra mudar o formato da ferramenta.
- Poderia mudar a cor do cursor quando ele atingir o objeto.

Participante 12

Familiarização

- Estou gostando.
- É uma modelagem um pouco grosseira.
- Eu nem sei o que estou fazendo.

Teste

- É difícil, não é fácil não.
- Alguém conseguiu fazer?
- Acho que não vou conseguir fazer esse troço não.
- Vou começar outro novamente.
- É massa, mas tem que pegar o jeito.
- Coloquei salvar sem querer.

APÊNDICE D – Questionário de avaliação do Estresse

Figura 77 – Questionário Emocional

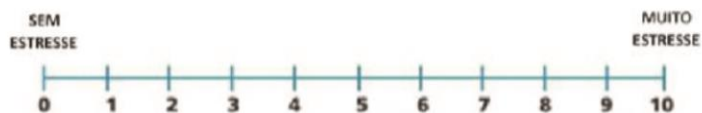
NOME: _____

ANTES DO TESTE

1. Marque um "X" no seu nível de estresse antes do teste:



2. Marque um "X" no seu nível de estresse depois do teste:



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE E - Questionário de avaliação de dor

Figura 78 – Questionário de dor com escala de intensidade

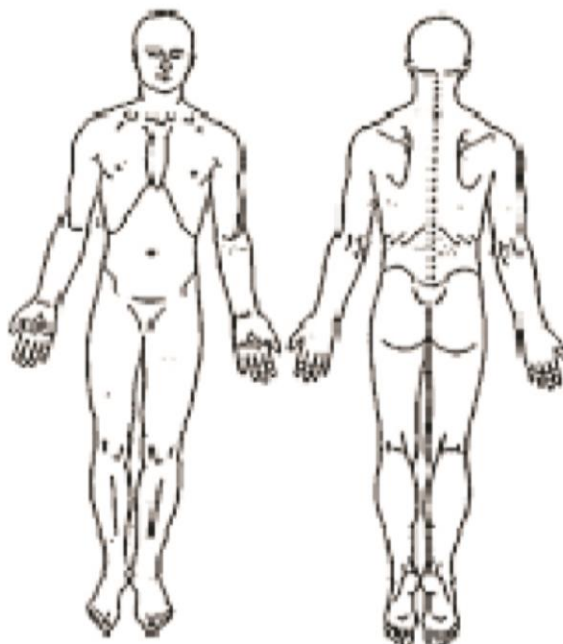
Questionário de dor:

Nome:

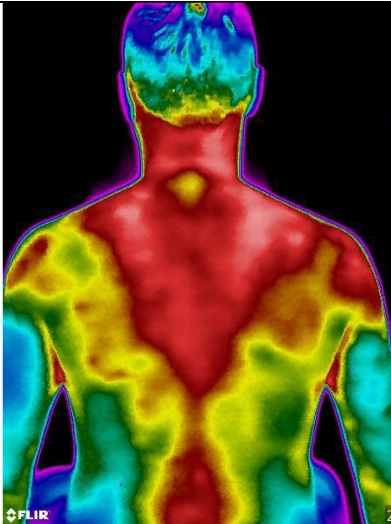
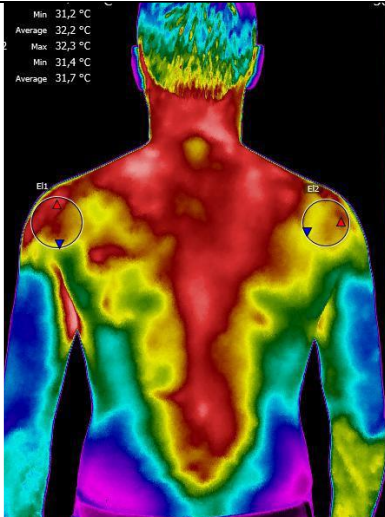
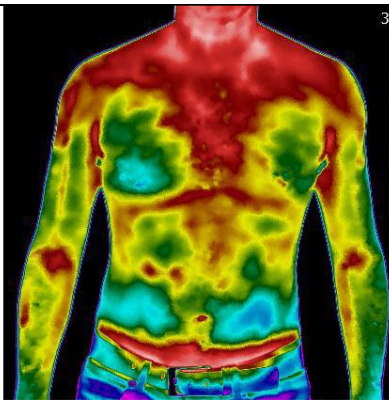
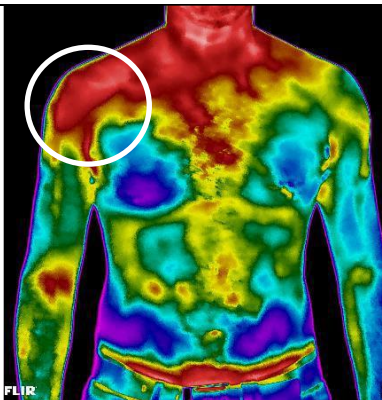
Idade:

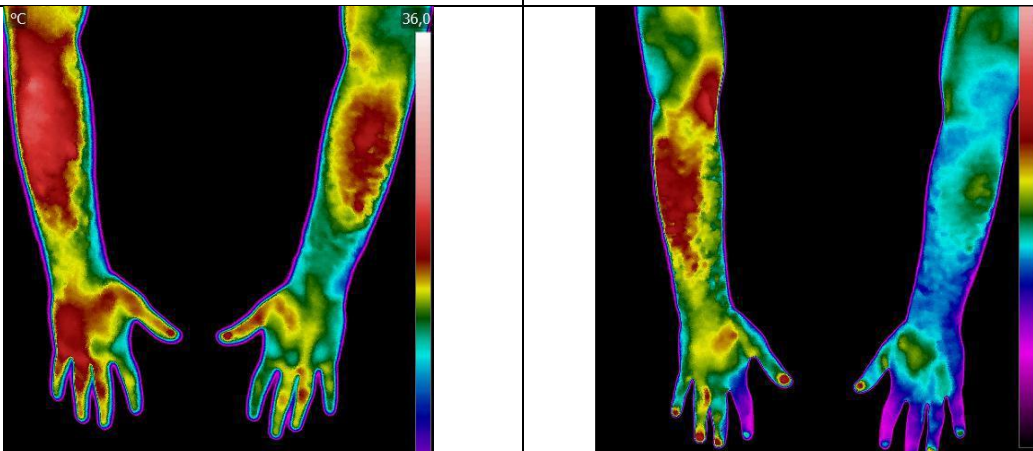
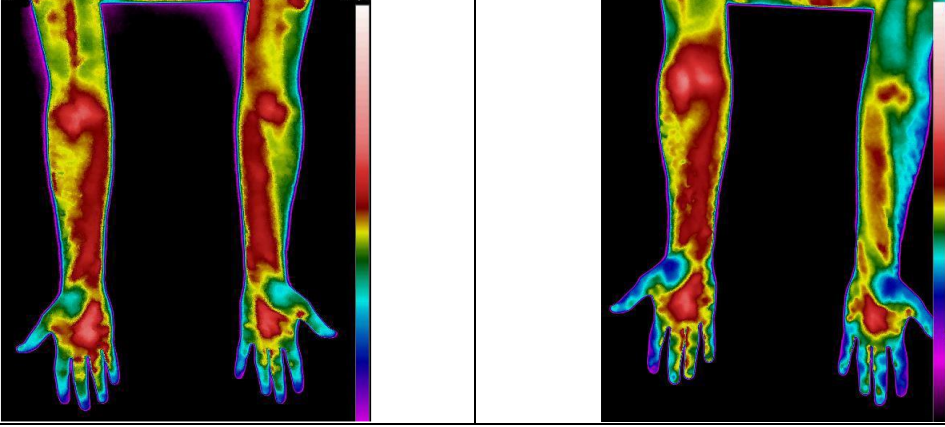
Diagnóstico:

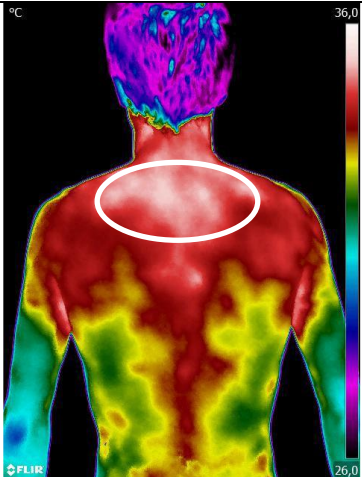
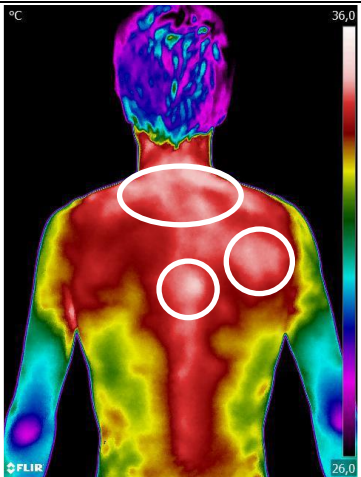
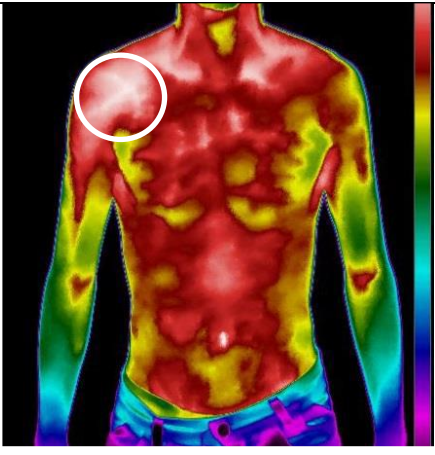
Peso: Altura:

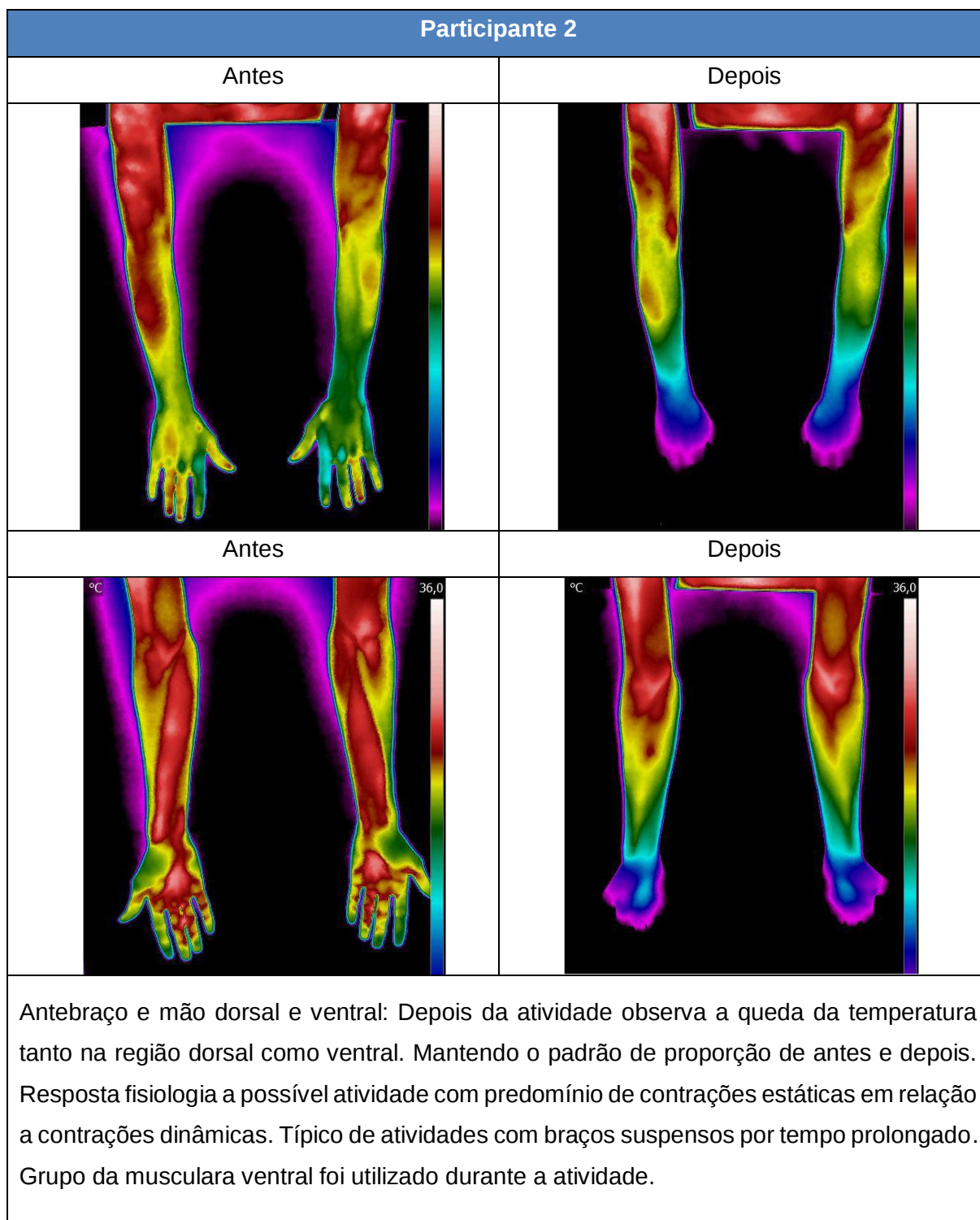
Intensidade da dor:**Figura 1:** Escala Visual Analógica**Localização/ Irradiação da dor:****Figura 2:** Localização da dor

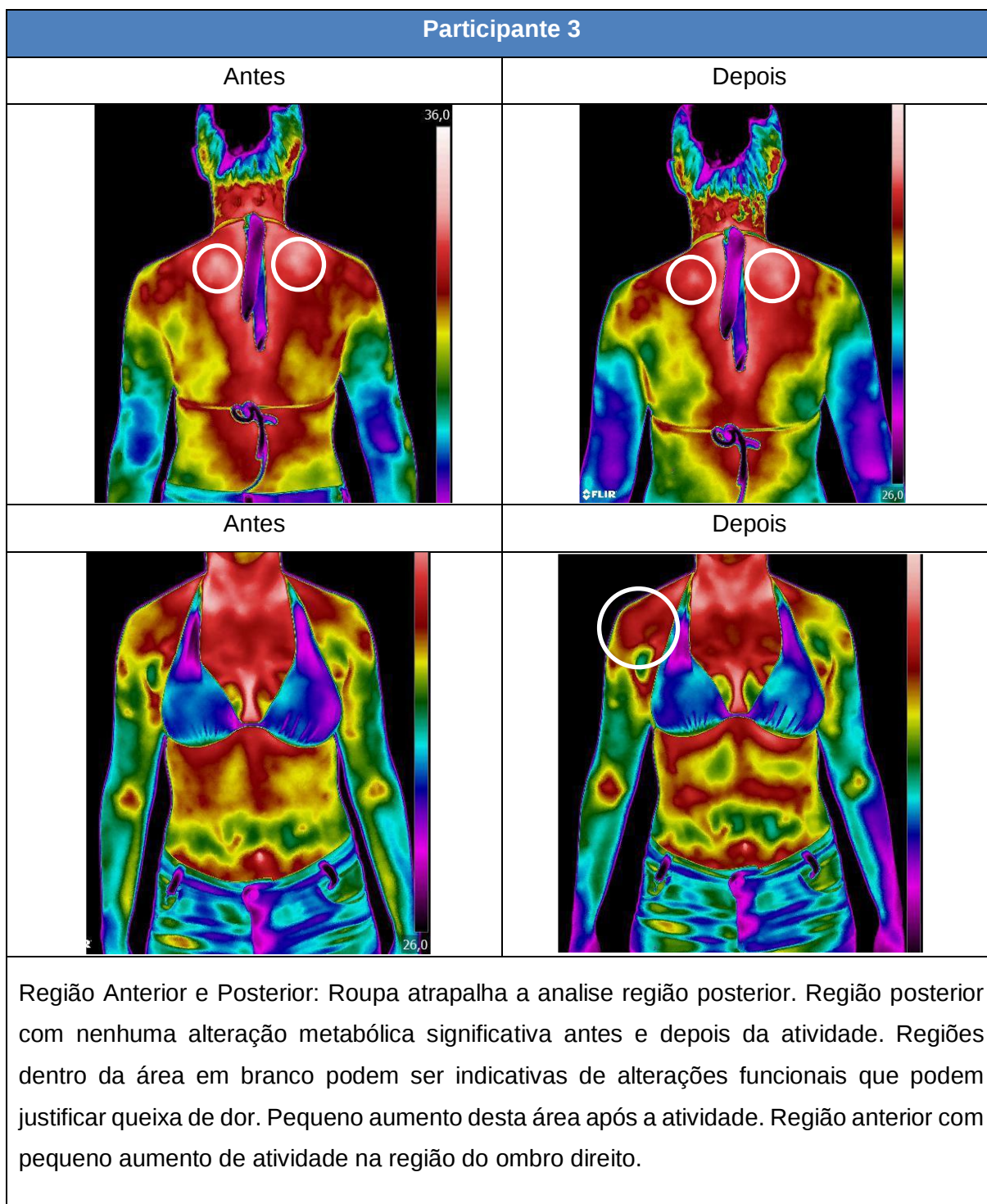
APÊNDICE F - Análise das Imagens Térmicas

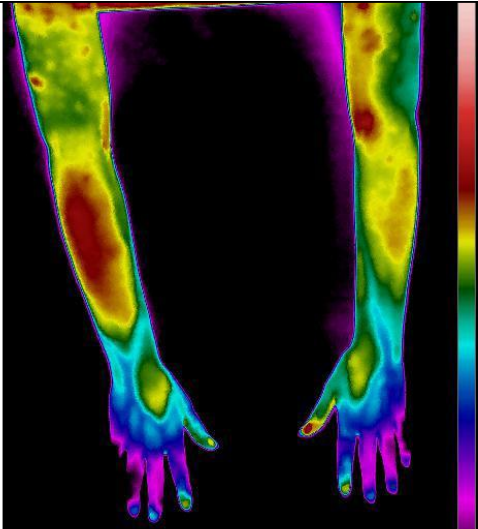
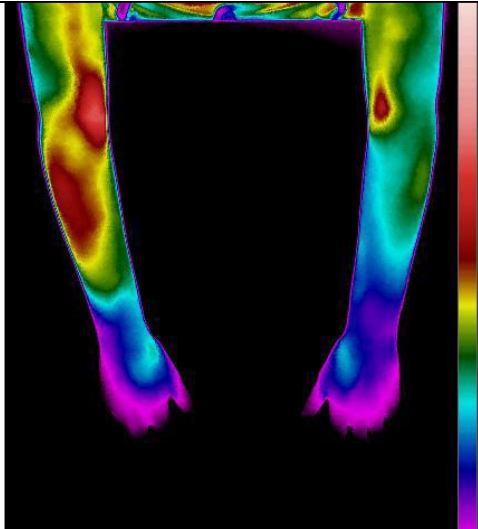
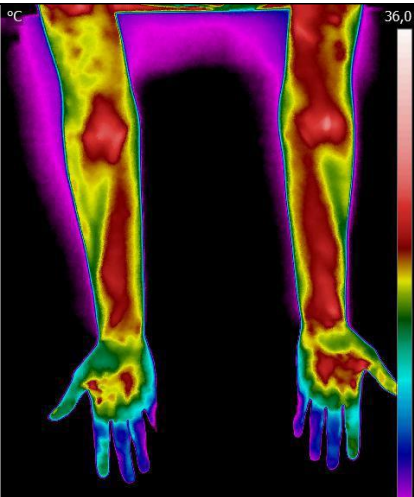
Participante 1	
Antes	Depois
	
Região Posterior: Apesar de um aumento de atividade no ombro direito antes da realização do experimento, não houve queixa do participante de dores ou incômodos nessa região. Esta sobrecarga desaparece na imagem feita após o esforço.	
Antes	Depois
	
Região Anterior: Mostra claramente um deslocamento da atividade metabólica para a região do ombro e peitoral direito. Sugerindo um maior uso deste grupo muscular durante a atividade.	

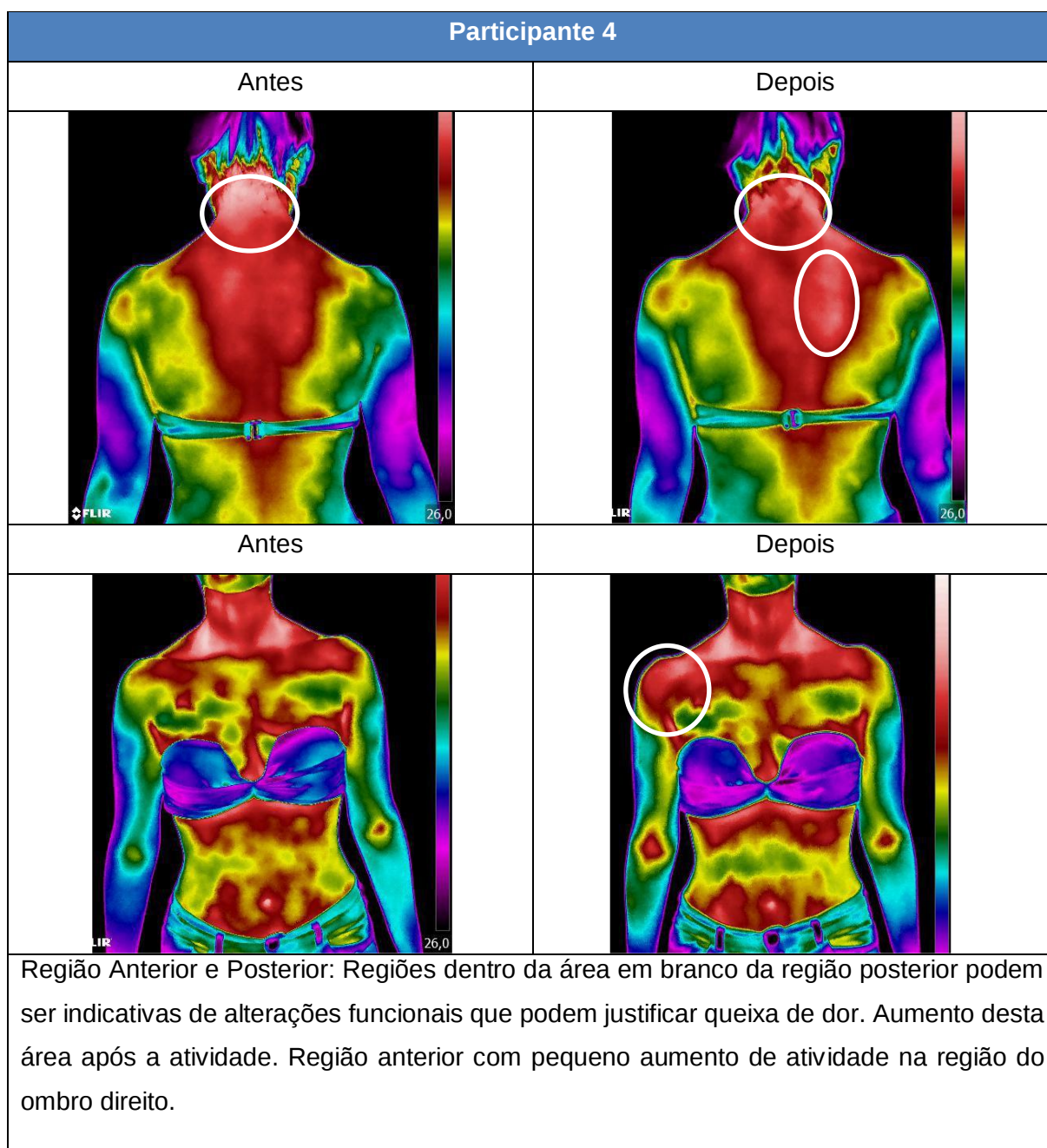
Participante 1	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão dorsal: Padrão inicial com atividade metabólica mais intensa no antebraço e mão do lado direito em relação ao lado esquerdo. Depois da atividade observa a queda da temperatura do lado direito e mais intenso do lado esquerdo. O padrão é mantido. Resposta fisiologia a possível atividade com predomínio de contrações estáticas em relação a contrações dinâmicas. Típico de atividades com braços suspensos por tempo prolongado.	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão ventral: Mostra um padrão sem muita alteração antes e depois sugerindo que o grupo musculara ventral foi menos utilizado durante a atividade.	

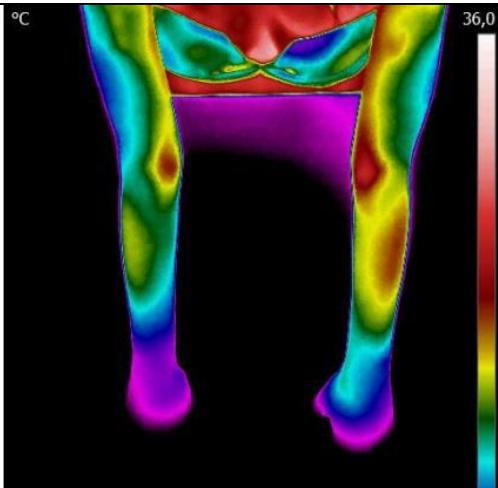
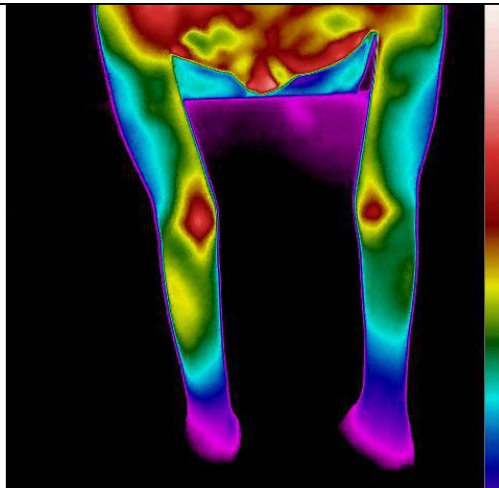
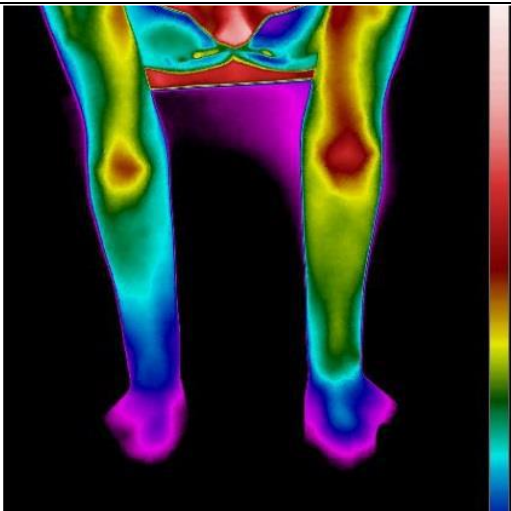
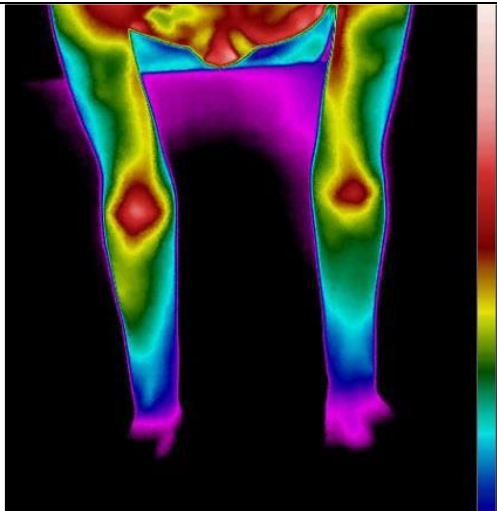
Participante 2	
Antes	Depois
	
Região Posterior: Nenhuma alteração metabólica significativa antes e depois da atividade. Regiões dentro da área em branco podem ser indicativas de alterações funcionais que podem justificar queixa de dor. Aumento desta área após a atividade.	
Antes	Depois
	
Região anterior: Aumento da atividade na região do ombro direito. Região dentro da área em branco pode ser indicativa de alteração funcional que podem justificar queixa de dor.	



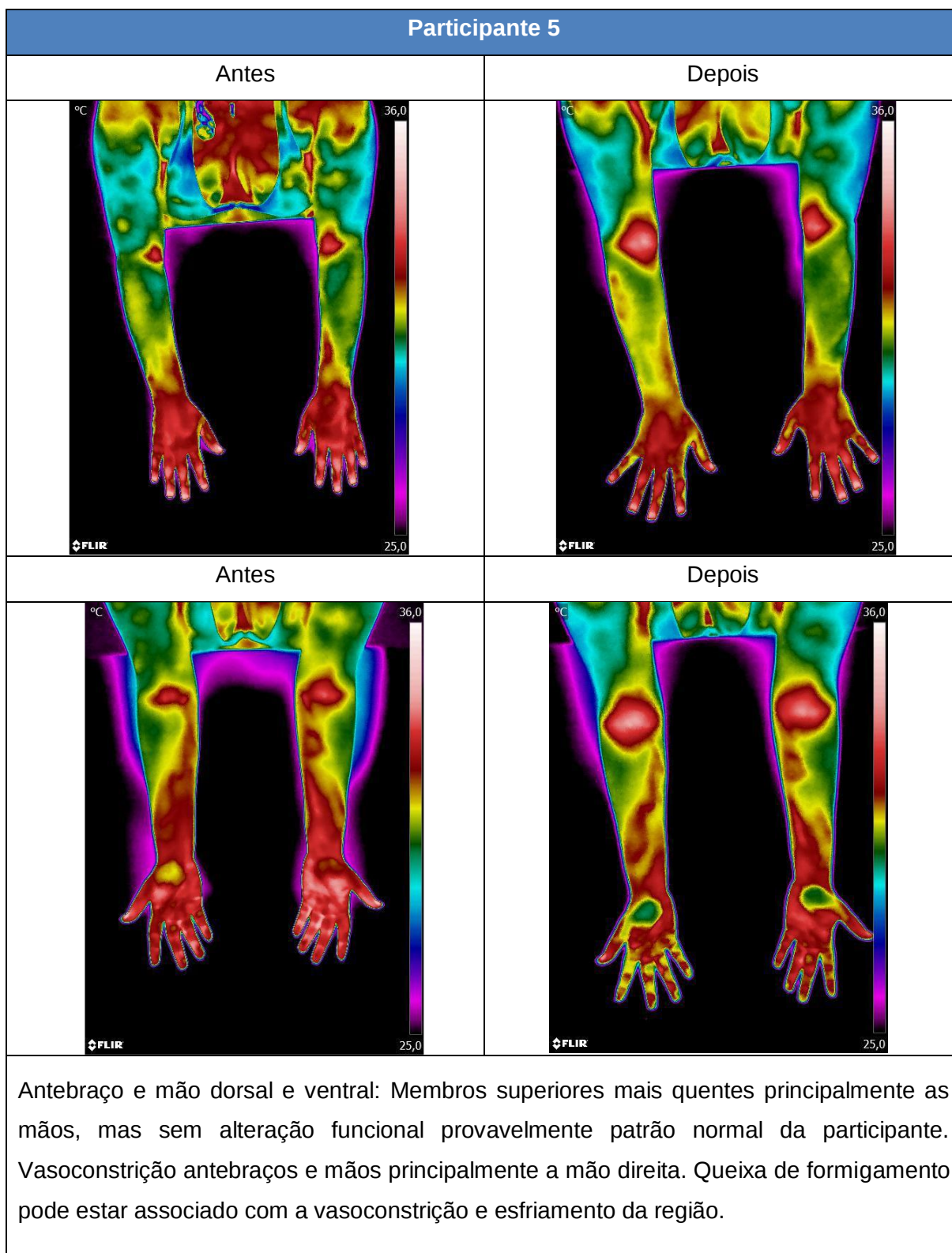


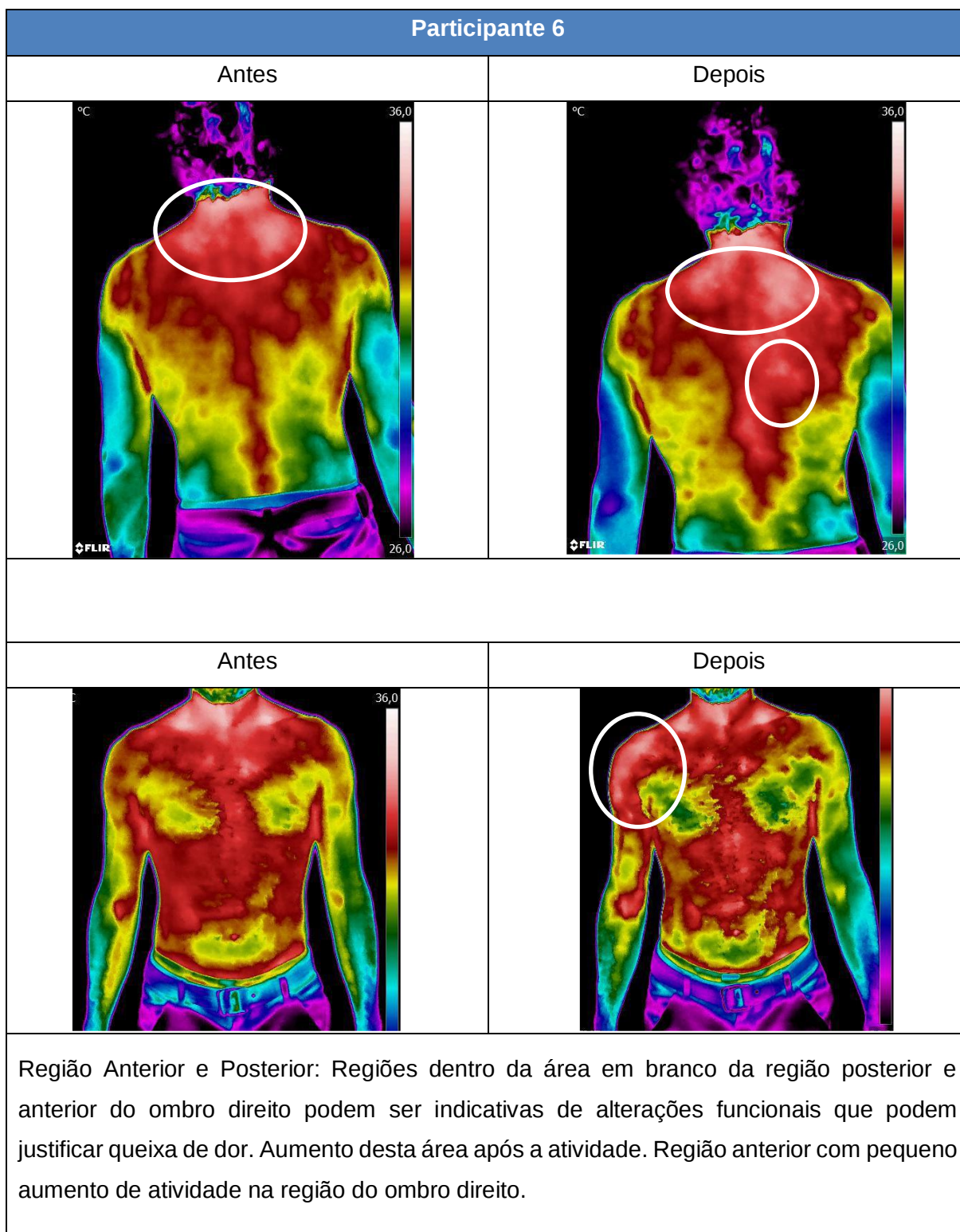
Participante 3	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão dorsal: Atividade metabólica mais intensa no antebraço direito em relação ao lado esquerdo. Depois da atividade observa pequeno aumento da atividade no antebraço do lado direito e queda da temperatura do lado esquerdo.	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão Ventral: mostra queda da temperatura nesta região após a atividade sugerindo ou muita contração estática ou pouca atividade metabólica.	

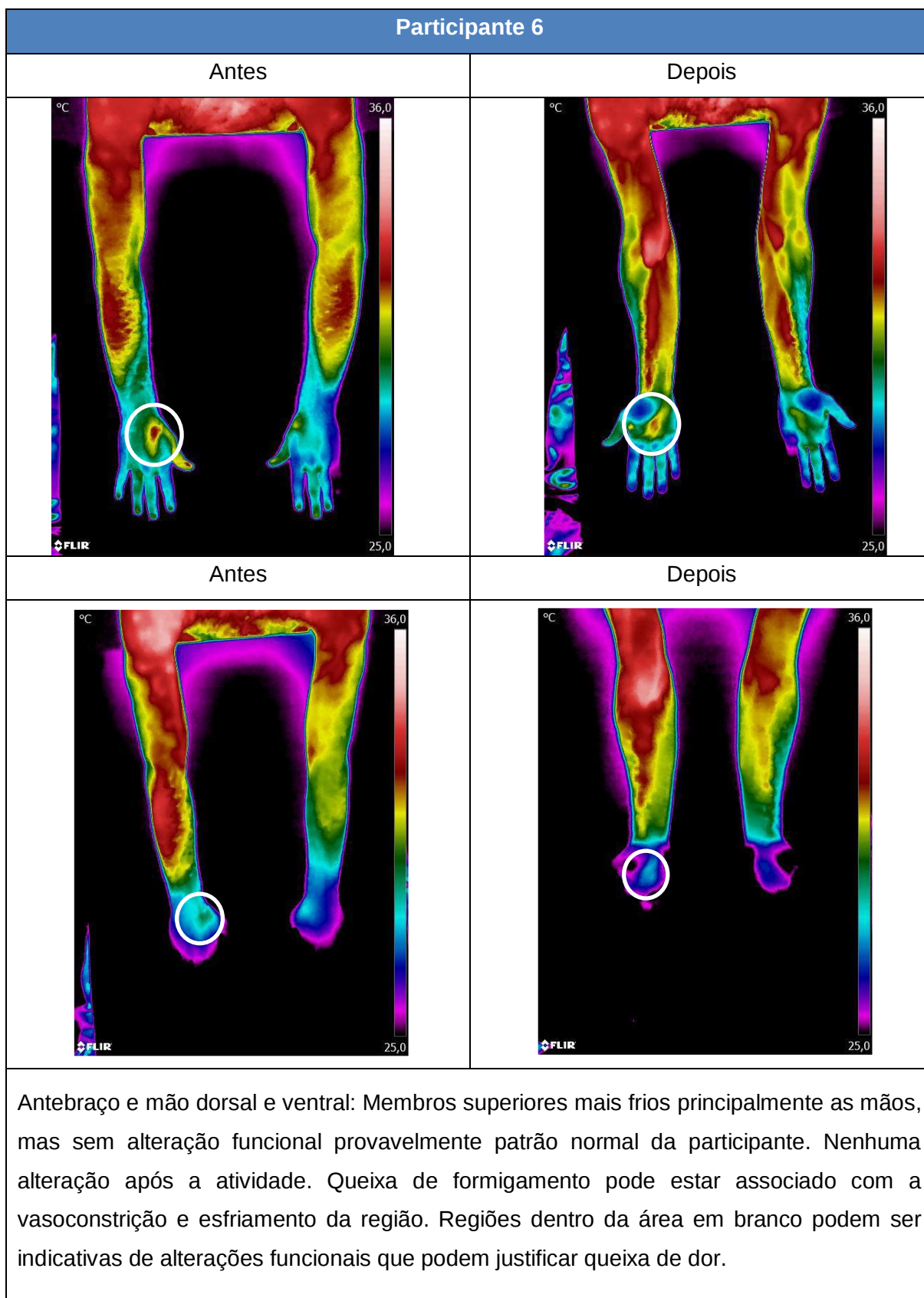


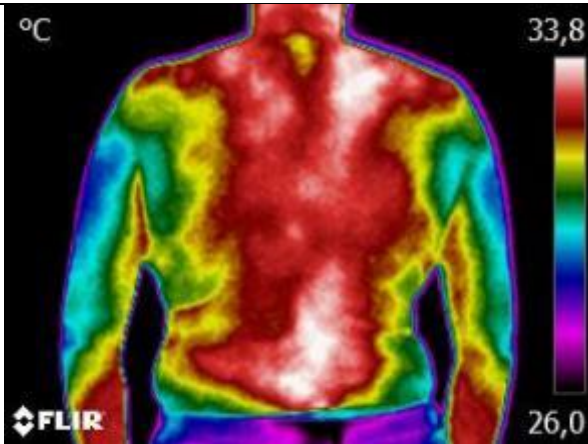
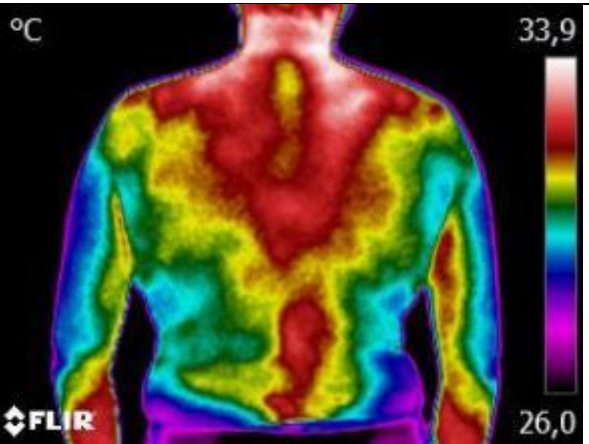
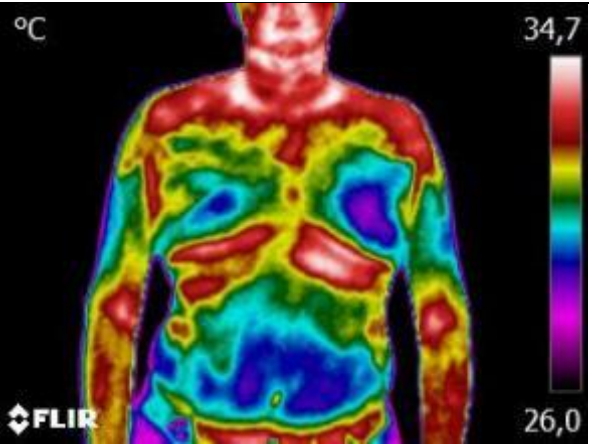
Participante 4	
Antes	Depois
	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão dorsal e ventral: Membros superiores mais frios, mas sem alteração funcional provavelmente padrão normal da participante. Nenhuma alteração após a atividade. Queixa de formigamento pode estar associado com a vasoconstrição e esfriamento da região.	

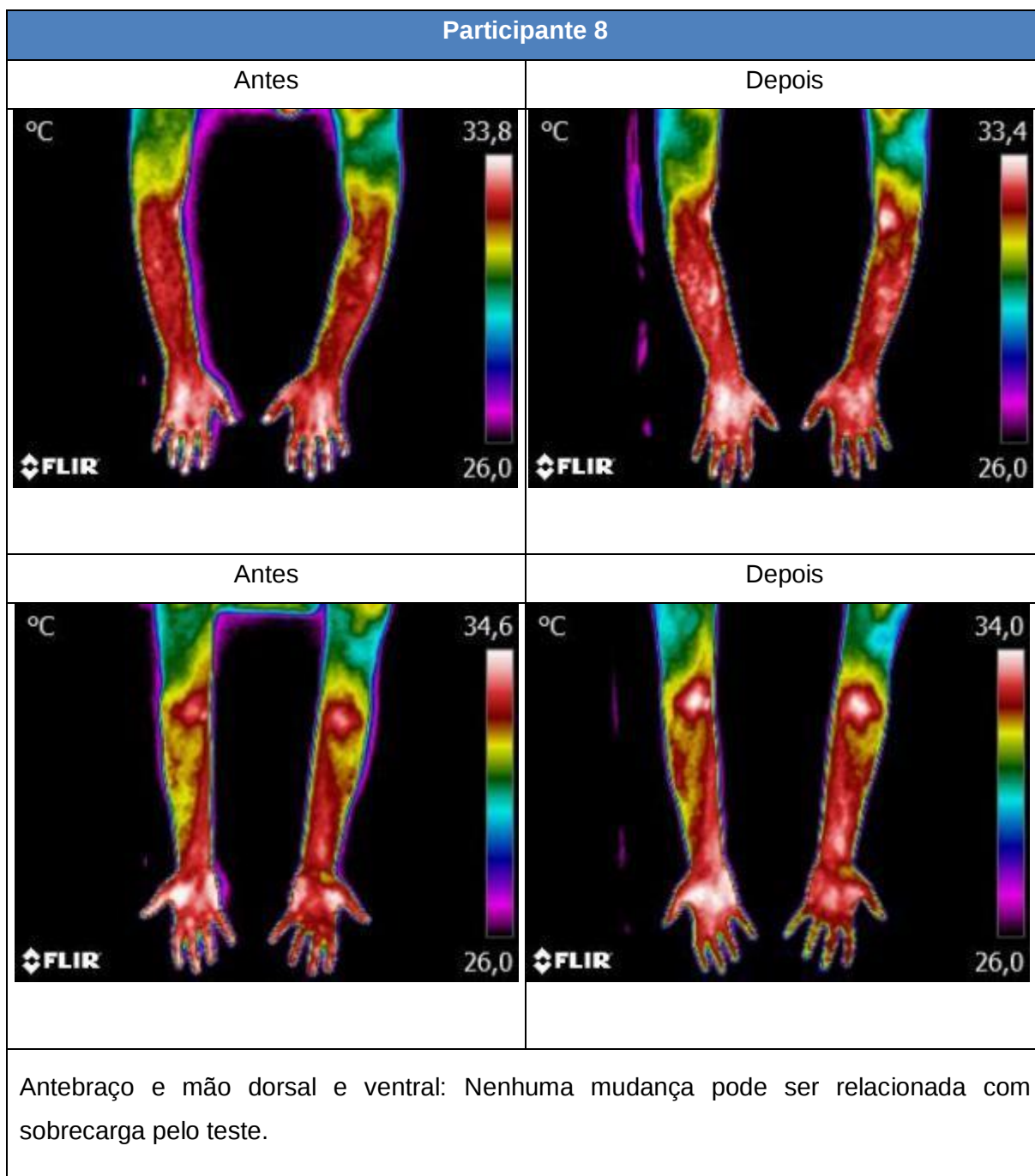
Participante 5	
Antes	Depois
Região Posterior: Por problemas operacionais, não foi possível avaliar a região posterior dificultada devido ao uso de tope que tampa e comprime a região.	
Antes	Depois
X	
Região Anterior: Não foi possível avaliar a região anterior de forma coerente, devido à ausência de fotos dessa região no período antes do início da atividade, possuindo apenas registro após a atividade por problemas operacionais. Porém, há uma assimetria térmica da região ombro direito em relação ao esquerdo, que sugere maior atividade no direito, pode justificar a queixa da participante após o teste.	

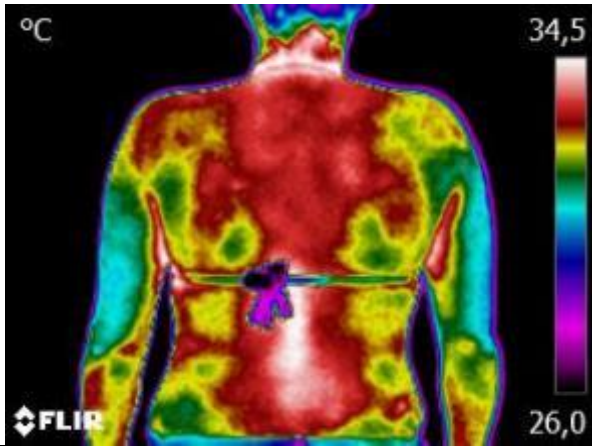
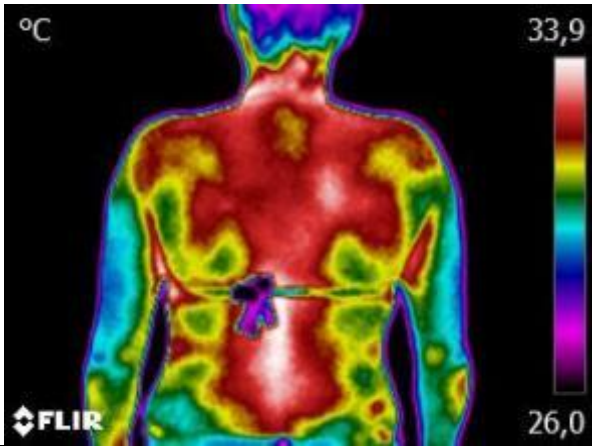
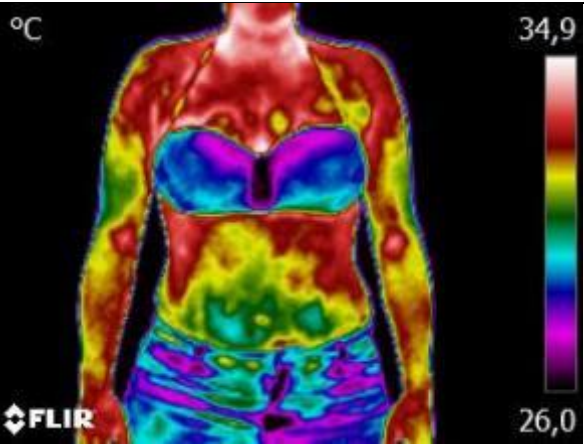
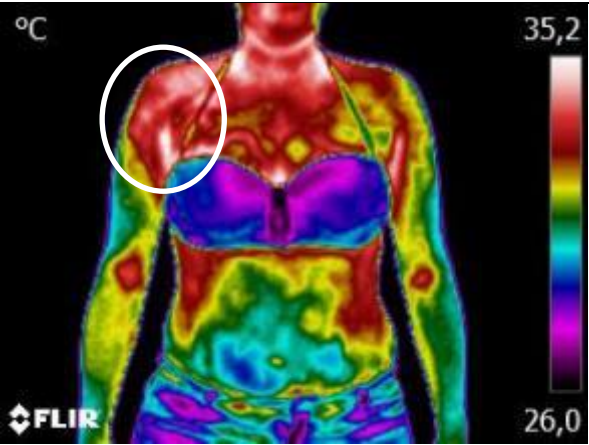


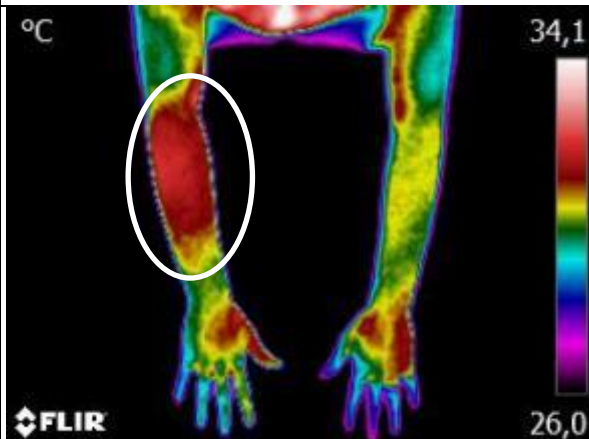
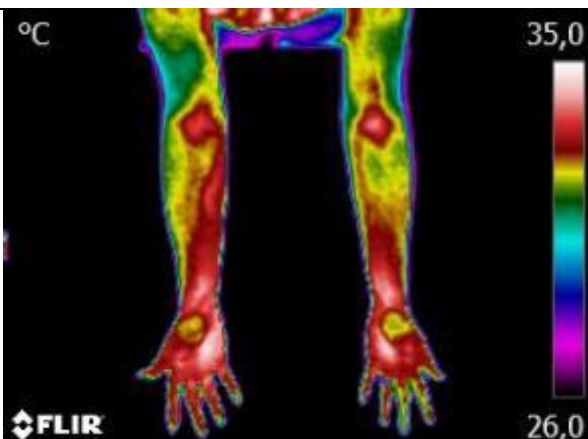


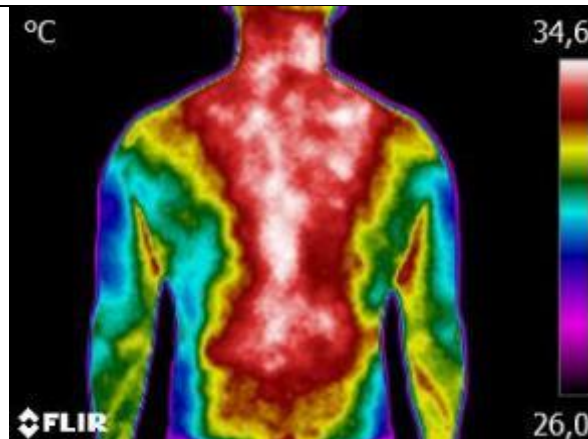
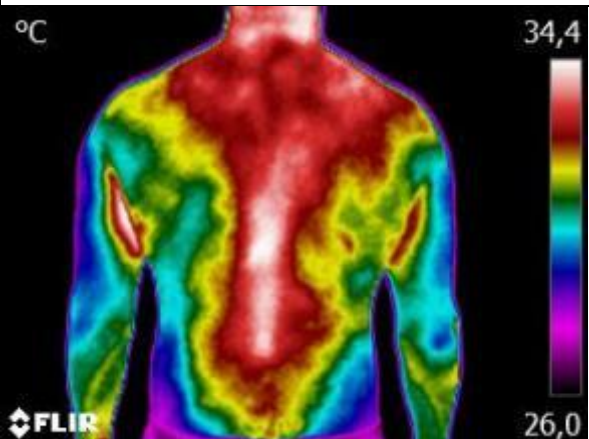
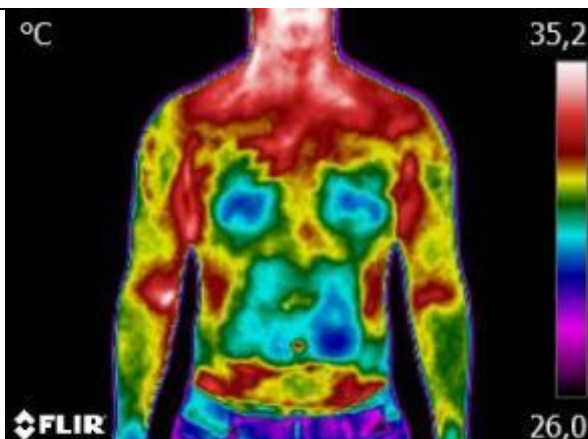
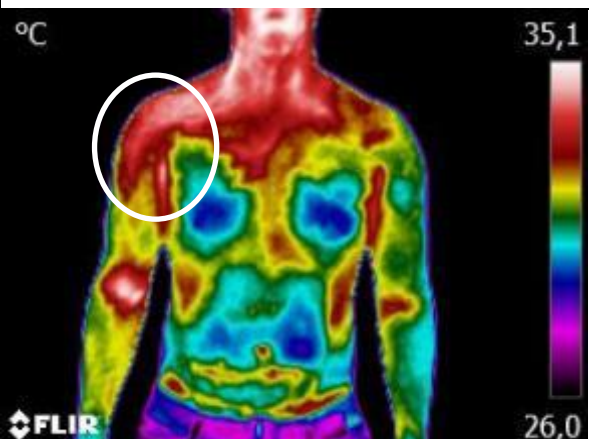


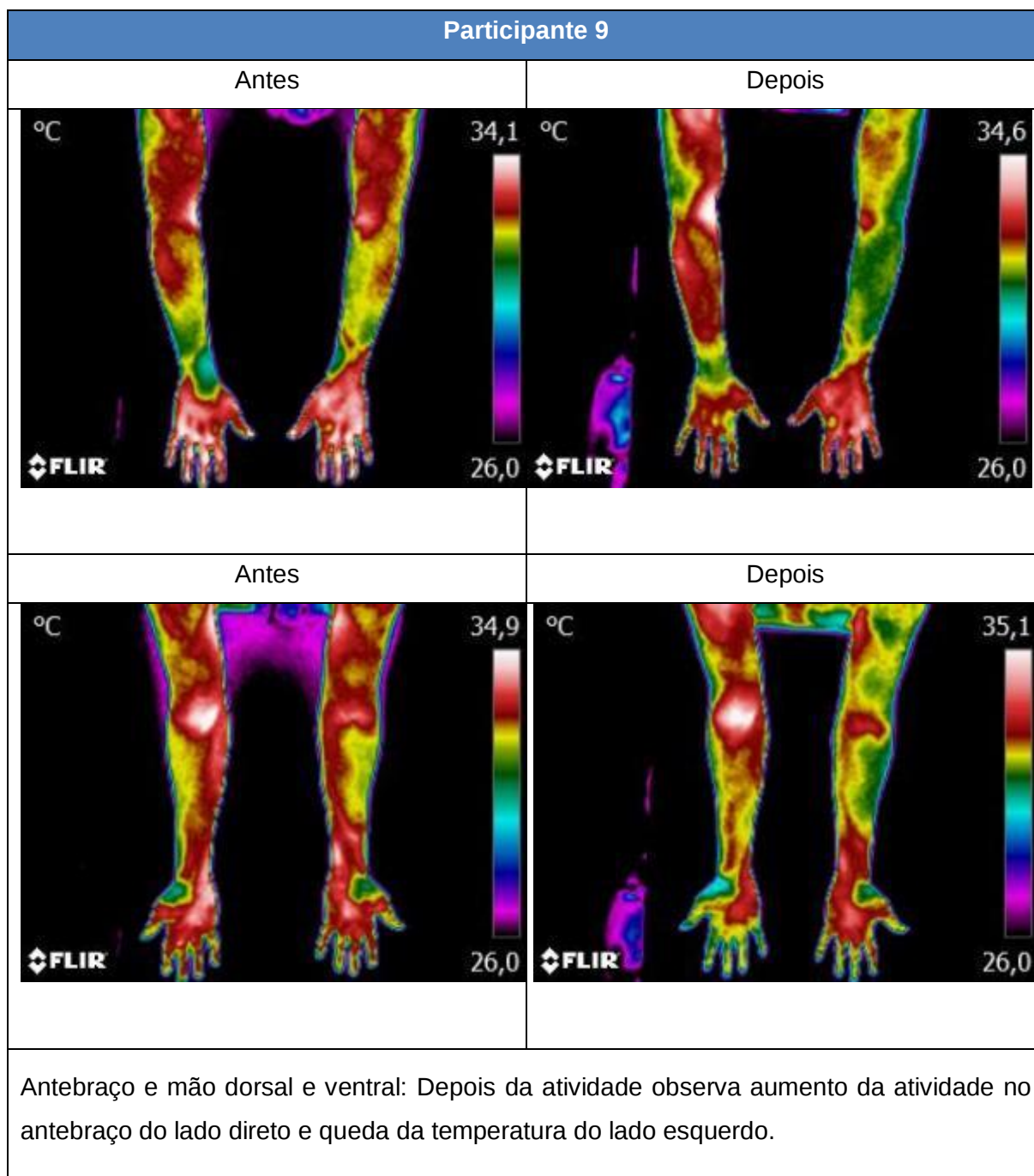
Participante 7	
Antes	Depois
	
Região Posterior: Redução de temperatura nesta área. Porém, nenhuma mudança relacionada a sobrecarga gerada pelo teste.	
Antes	Depois
	
Região Anterior: Não foi possível avaliar a região anterior de forma coerente, devido à ausência de fotos dessa região no período antes do início da atividade, possuindo apenas registro após a atividade por problemas operacionais. Porém, a imagem após o teste percebemos uma simetria térmica.	

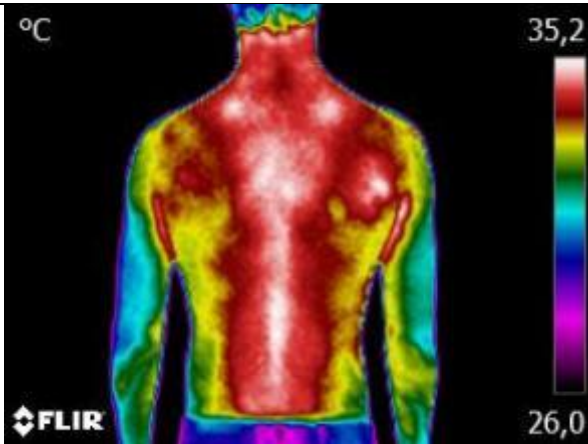
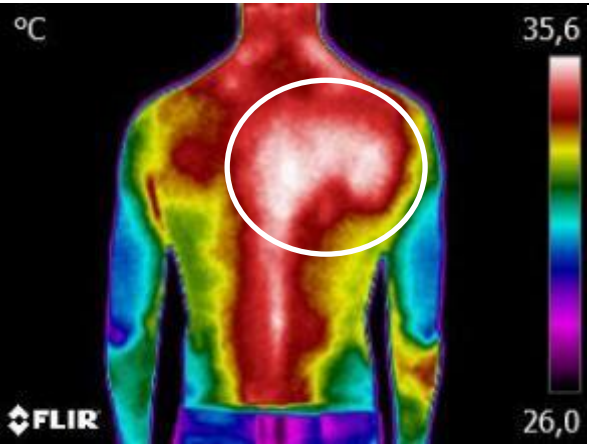
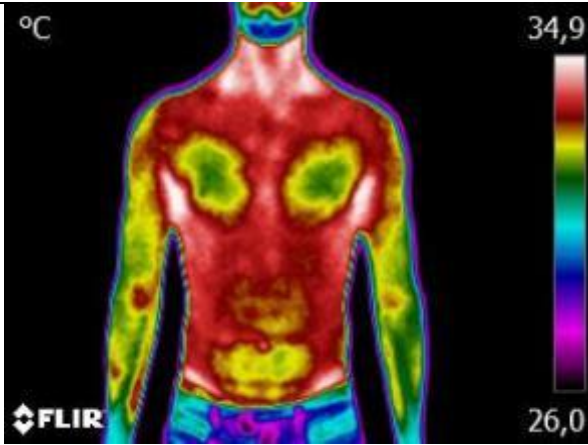
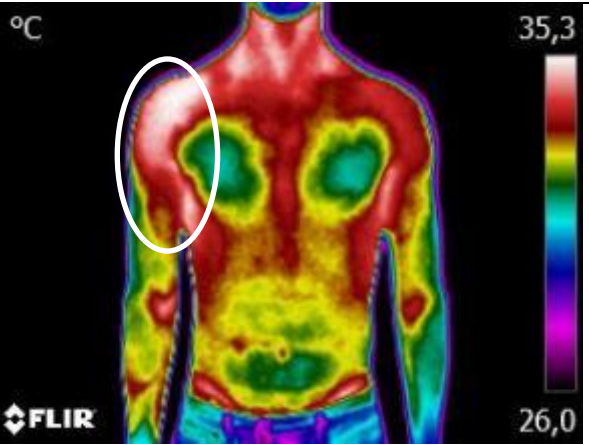


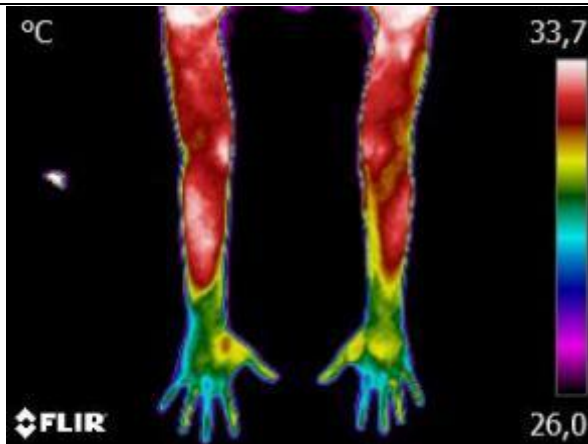
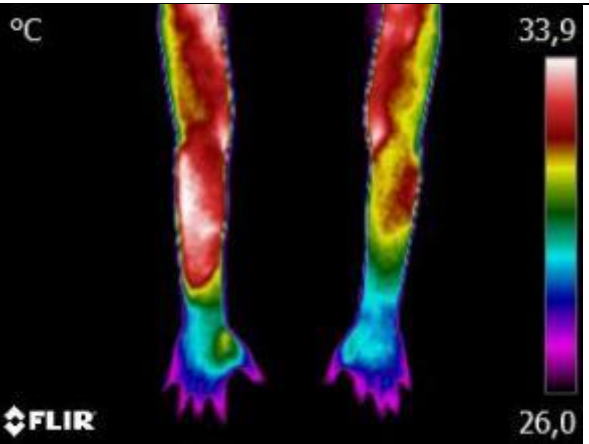
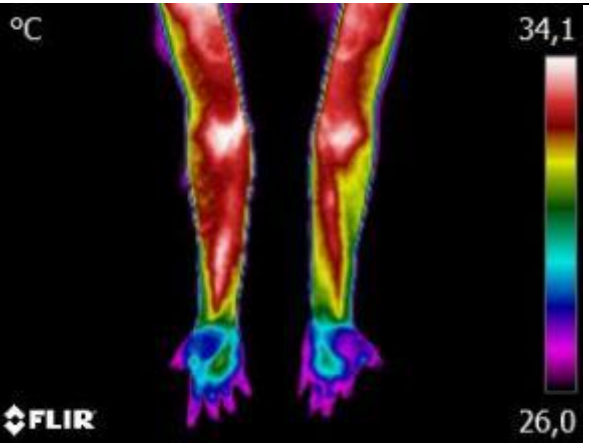
Participante 8	
Antes	Depois
	
Região Posterior: Sem alterações significativas e sem queixas de dor.	
Antes	Depois
	
Região anterior: Aumento de atividade na região do ombro direito.	

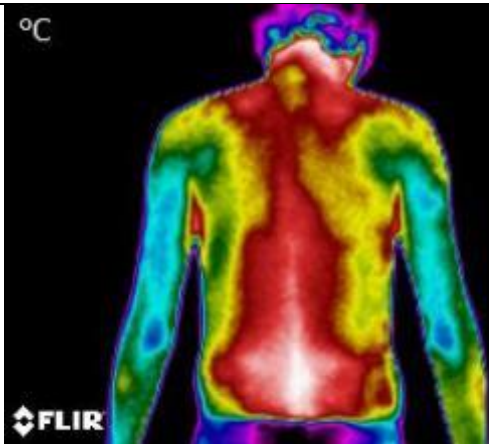
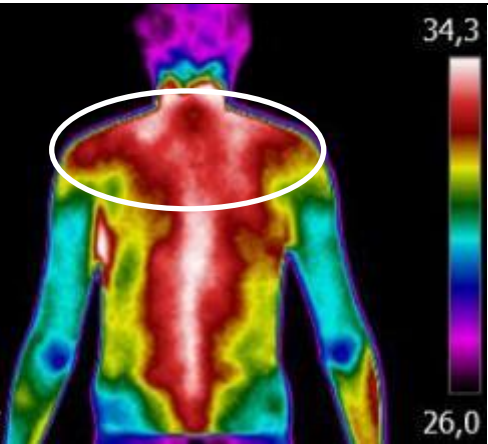
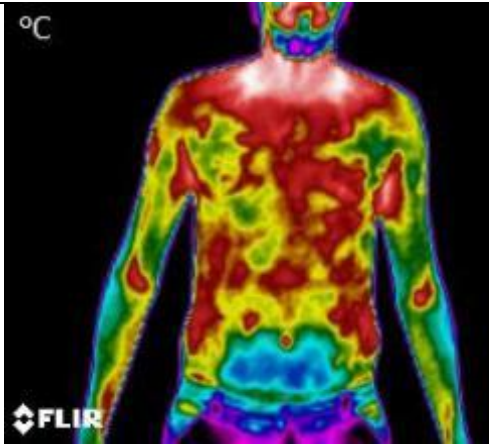
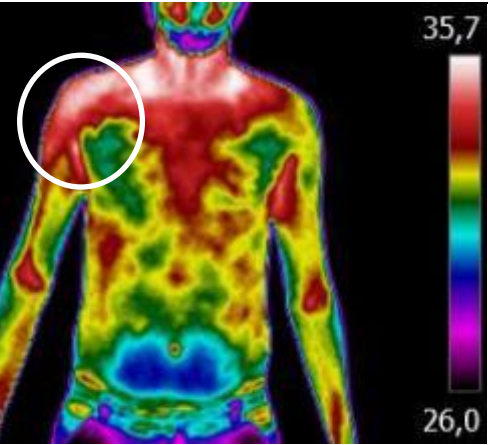
Participante 8	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão dorsal: Depois da atividade observa aumento da atividade no antebraço do lado direito e queda da temperatura do lado esquerdo.	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão Ventral: mostra queda da temperatura nesta região após a atividade sugerindo ou muita contração estática ou pouca atividade metabólica.	

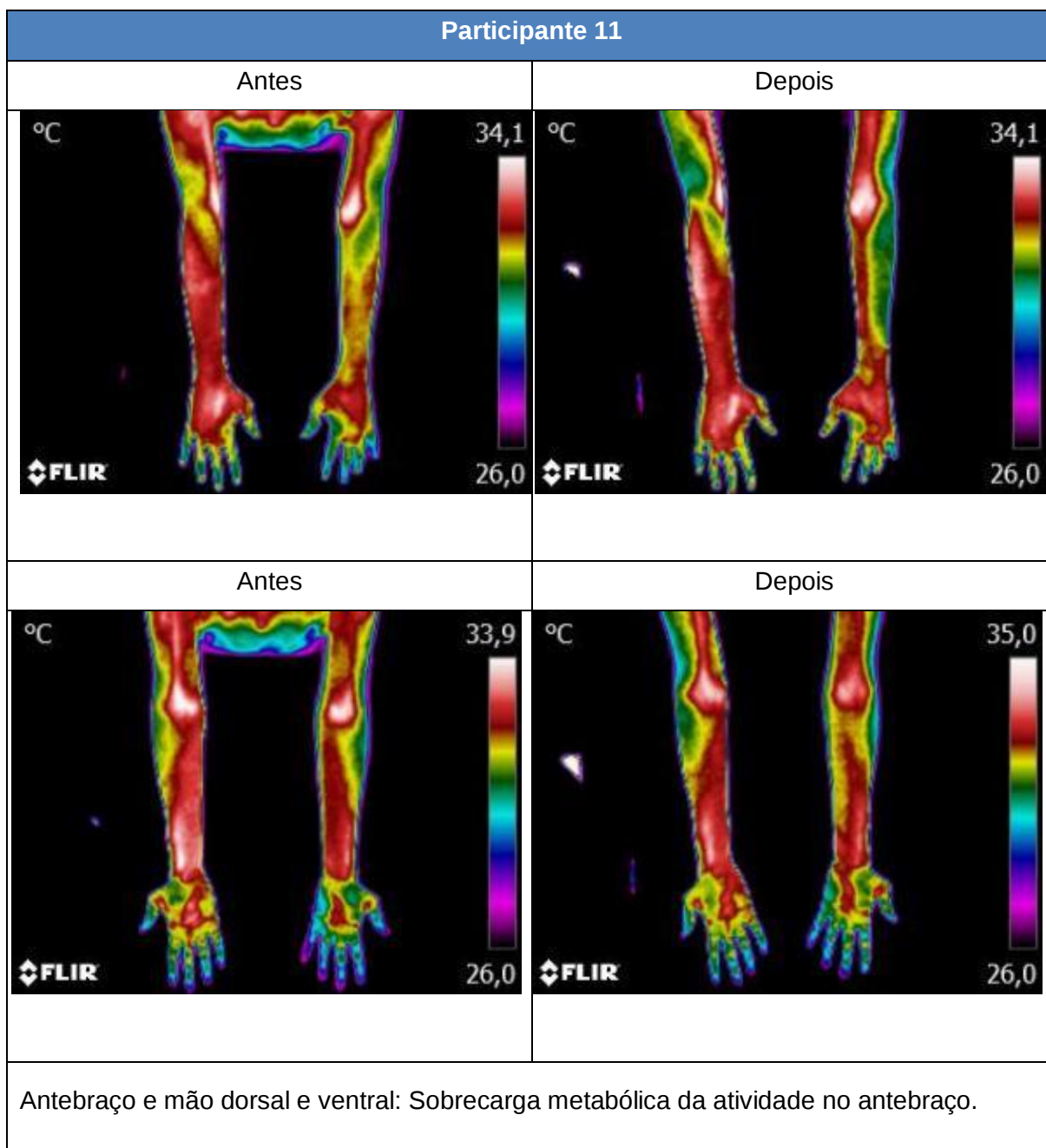
Participante 9	
Antes	Depois
	
Região Posterior: Sem alterações significativas de atividade que se concentra mais do lado direito do participantes.	
Antes	Depois
	
Região anterior: Sobre carga metabólica na região do ombro direito.	

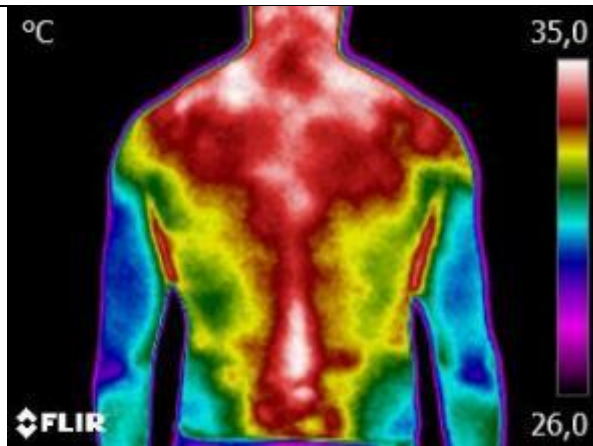
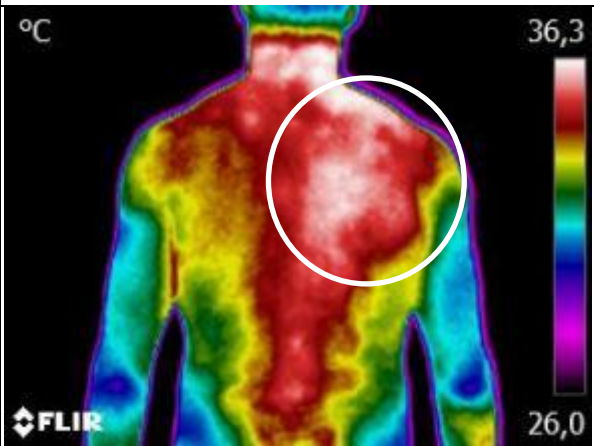
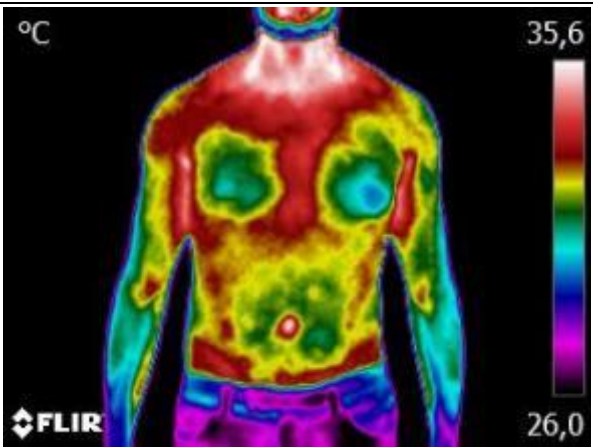


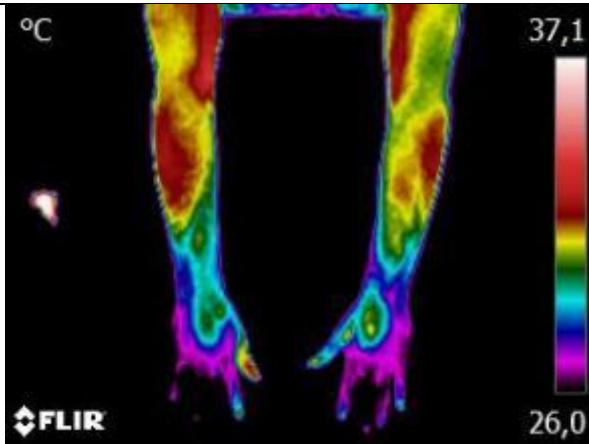
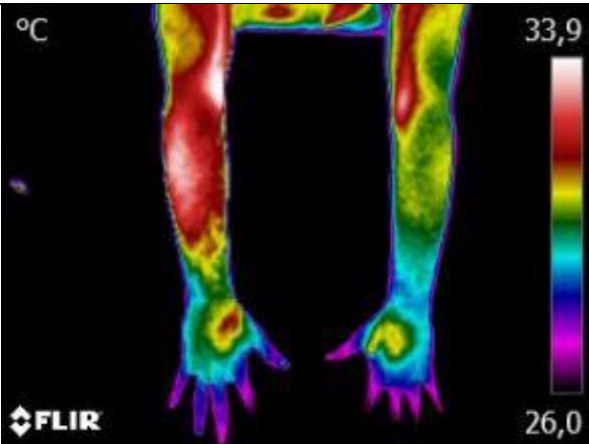
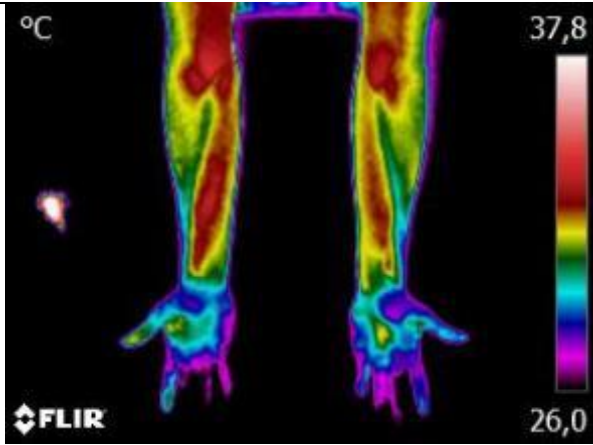
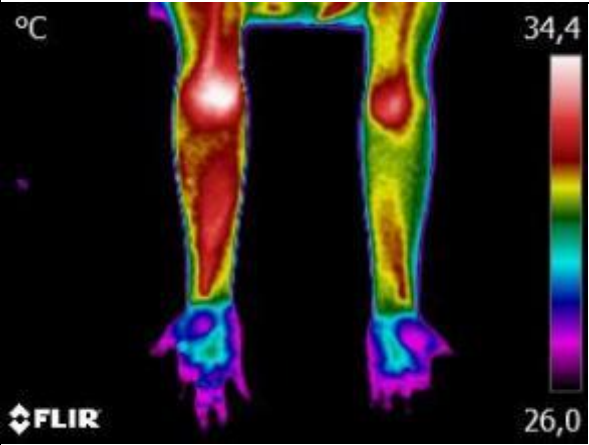
Participante 10	
Antes	Depois
	
Região Posterior: Aumento da atividade mais do lado direito o que pode justificar queixa de dor na região das costas.	
Antes	Depois
	
Região anterior: Aumento de atividade na região do ombro direito pode justificar queixa de dor na região.	

Participante 10	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão dorsal e ventral: Depois da atividade observa a queda da temperatura. Resposta fisiológica a possível atividade com predomínio de contrações estáticas em relação a contrações dinâmicas. Típico de atividades com braços suspensos por tempo prolongado.	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão Ventral: mostra queda da temperatura nesta região após a atividade sugerindo ou muita contração estática ou pouca atividade metabólica.	

Participante 11	
Antes	Depois
	
Região Posterior: Deslocamento da atividade para região superior, sugerindo um maior uso deste grupo muscular durante a atividade que pode justificar queixa de dor na região.	
Antes	Depois
	
Região anterior: Mostra claramente um deslocamento da atividade metabólica para a região do ombro direito. Sugerindo um maior uso deste grupo muscular durante a atividade.	



Participante 12	
Antes	Depois
	
Região Posterior: Aumento da atividade mais do lado direito o que pode justificar queixa de dor na região das costas.	
Antes	Depois
	
Região anterior: Mostra claramente um deslocamento da atividade metabólica para a região do ombro direito. Sugerindo um maior uso deste grupo muscular durante a atividade e pode justificar queixa de dor na região.	

Participante 12	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão dorsal: Depois da atividade observa aumento da atividade no antebraço do lado direito e queda da temperatura do lado esquerdo.	
Antes	Depois
	
Antebraço e mão dorsal e ventral: atividade metabólica mais intensa no antebraço direito em relação ao lado esquerdo.	