



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM**  
**BIOTECNOLOGIA**

---

---

**ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO**

**RECONHECIMENTO DE GESTOS APLICADO AS ÁREAS DA**  
**SAÚDE:**  
**MUDANÇA DE PARADIGMA NA INTERAÇÃO HUMANO COMPUTADOR**  
**POR MEIO DE ESTÍMULOS MOTORES E COGNITIVOS**

**São Carlos (SP)**

**2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM**  
**BIOTECNOLOGIA**

---

---

**ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO**

**RECONHECIMENTO DE GESTOS APLICADO AS ÁREAS DA**  
**SAÚDE:**

**MUDANÇA DE PARADIGMA NA INTERAÇÃO HUMANO COMPUTADOR**  
**POR MEIO DE ESTÍMULOS MOTORES E COGNITIVOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da UFSCar, como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor em Biotecnologia.**

**Orientadores: Prof. Dr. Luis Carlos Trevelin**

**Prof. Dr. Nivaldo Antônio Parizotto**

**São Carlos (SP)**

**2015**

Brandão, Alexandre Fonseca

RECONHECIMENTO DE GESTOS APLICADO AS ÁREAS DA  
SAÚDE: MUDANÇA DE PARADIGMA NA INTERAÇÃO HUMANO  
COMPUTADOR POR MEIO DE ESTÍMULOS MOTORES E COGNITIVOS

/ Alexandre Fonseca Brandão. -- 2015.

127 f. : 30 cm.

Tese (doutorado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos,  
São Carlos

Orientador: Luis Carlos Trevelin

Banca examinadora: Luis Carlos Trevelin, Anderson Ferreira da Cunha,  
Fernando Augusto Vasilceac, Lígia Maria Presumido Braccialli, Glauco  
Augusto de Paula Caurin

Bibliografia

1. Interação Humano Computador. 2. Reconhecimento de Gestos. 3.  
Realidade Virtual. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III.  
Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)




---

Folha de Aprovação

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Alexandre Fonseca Brandão, realizada em 10/09/2015:



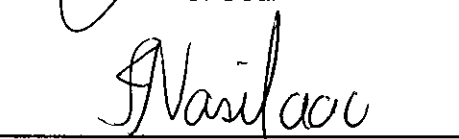
---

Prof. Dr. Luis Carlos Trevelin  
UFSCar



---

Prof. Dr. Anderson Ferreira da Cunha  
UFSCar




---

Prof. Dr. Fernando Augusto Vasilceac  
UFSCar



---

Profa. Dra. Ligia Maria Presumido Bracciali  
UNESP



---

Prof. Dr. Glauco Augusto de Paula Caurin  
USP

## RESUMO

Considerando a cultura e o estilo de vida como estratégias de prevenção e promoção de saúde o objetivo deste trabalho foi oferecer meios não-convencionais de interagir com ambientes de Realidade Virtual (RV), a partir de gestos motores, de uma maneira fisicamente ativa e essencialmente lúdica. Assim, foram desenvolvidos um conjunto de softwares controlados através de um sensor de reconhecimento de gestos (Kinect - Microsoft), que digitaliza o corpo do usuário com uma câmera de profundidade infravermelha. Esse conjunto de aplicações, chamado *GestureCollection*, é representado por: 1º *GestureChair* – desenvolvido a partir de uma versão gratuita do jogo Pacman, que oferece ao usuário a possibilidade de controlar o jogo utilizando os movimentos das mãos (cima, baixo, esquerda ou direita). Foi inicialmente direcionado a lesados medulares, com paraplegia que compromete a função dos membros inferiores, mas não os membros superiores. 2º *GesturePuzzle* – desenvolvido como um jogo de quebra-cabeça virtual onde o usuário monta uma imagem a partir de partes separadas. A interação ocorre por meio do movimento natural de pegar e soltar as peças, onde o usuário explora livremente a articulação do ombro em todos os planos de movimento. 3º *GestureChess* – desenvolvido para controlar um jogo de xadrez, no qual o primeiro movimento é um clique manual no espaço que cria a origem de um sistema de coordenadas espaciais. A partir deste ponto, é possível associar os movimentos das mãos com o ponteiro do mouse e controlar o jogo. Esta é uma aplicação indicada para usuários que necessitam de intensa estimulação cognitiva, que neste caso está relacionado ao cálculo de probabilidades exigidas pelo próprio jogo de xadrez. 4º *GestureMaps* – desenvolvido para a exploração de mapas geográficos no *Google Street View*. Esta aplicação é controlada por gestos dos membros inferiores (que simulam a marcha), além da rotação do tronco para a direita ou para a esquerda (de acordo com a direção desejada). Propôs-se a aplicação em idosos que sofrem de desorientação espacial. Finalmente, 5º *RehabGesture* – permite a mensuração da amplitude de movimento (no plano coronal) a partir de 0 ° de extensão até 145° de flexão da articulação do cotovelo e de 0 ° até 180 ° de abdução a articulação do ombro, a partir da posição ortostática. O conjunto de softwares apresentados (*GestureCollection*) permitem o recrutamento muscular em diferentes velocidades e amplitudes de movimento, o treinamento da coordenação motora geral e a estimulação cognitiva durante a interação gestual com ambientes virtuais.

**Palavras-Chave:** Reconhecimento de Gestos. Interação Humano-Computador. Estímulo Motor. Estímulo Cognitivo. Realidade Virtual. Atividade Física.

## ABSTRACT

Taking into consideration the culture and the lifestyle as prevention and health promotion strategies the idea was to provide users with non-conventional means of interacting with the Virtual Reality (VR) environment, using motor gestures in a physically active and essentially playful way. The set of applications was developed to be controlled using a gesture recognition sensor (Kinect – Microsoft), which scans the user's body using an infrared camera. A set of applications called *GestureCollection*, represented by *GestureChair* – it was developed from a free version of the Pacman game and gives to the user the possibility of controlling the game using his hands (up, down, left or right). It was initially directed to spinal cord injury, which causes paraplegia and compromises the function of lower limbs but not the upper limbs, but in principle, it can be applied to any condition that partially disables upper limbs. *GesturePuzzle* – it was implemented as a virtual puzzle game where the user mounts an image from separate parts. The interaction with the VR environment occurs through natural movement of picking up and dropping the pieces where the user freely explores the shoulder joint in all planes of motion. *GestureChess* – it was developed to control a chess game, in which the first movement is a click that creates the origin of a spatial coordinate system. From this point it is possible to associate hand movements to pointer coordinates thus controlling the game. This is an application indicated to users who require intense cognitive stimulation related, in this case, to the calculation of probabilities required by chess game itself. Simultaneously, it is useful for upper limb stimulation. *GestureMaps* – it was developed for the exploration of geographic maps in Google Streetview. This application is controlled by body gestures, namely lower limb lifting (to simulate walking) and trunk rotation to the right or left (according to the desired direction). It was proposed having in mind elderly people who have spatial disorientation. Finally, *RehabGesture* - This software allows the measurement of range of motion (in the coronal plane) 0° extension to 145° of flexion of the elbow joint and from 0° adduction to 180° of abduction of the glenohumeral (shoulder) joint, leaving the standing position. The presented applications (*GestureCollection*) allow muscle recruitment at different speeds and ranges of motion, training of general motor coordination, and cognitive stimulation in situations of dual task performed in virtual environments, with gestural control.

**Keywords:** Gesture Recognition. Human Computer Interaction. Motor Stimuli. Cognitive Stimuli. Virtual Reality. Physical Activity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Google Trends “ <i>Virtual Reality</i> ” .....	14
Figura 2 – Dispositivo Kinect .....	17
Figura 3 – Chip OS1080 PrimeSense .....	18
Figura 4 – Algoritmo Microsoft de detecção do corpo humano .....	19
Figura 5 – Planta baixa do laVIIC .....	21
Figura 6 – Marca GestureCollection .....	23
Figura 7 – Posição estática da articulação do ombro .....	25
Figura 8 – Execução do GestureChair .....	26
Figura 9 – Movimentos de controle GestureChair .....	27
Figura 10 – Execução do GesturePuzzle .....	28
Figura 11 – Movimentos de controle GesturePuzzle .....	29
Figura 12 – Registro de software GesturePuzzle .....	30
Figura 13 – Registro de marca GesturePuzzle .....	31
Figura 14 – SparkChess .....	31
Figura 15 – Execução do GestureChess .....	32
Figura 16 – Posicionamento inicial do cursor .....	33
Figura 17 – Posicionamento final do cursor .....	34
Figura 18 – Registro de software GestureChess .....	35
Figura 19 – Registro de marca GestureChess .....	35
Figura 20 – Execução GestureMaps .....	36
Figura 21 – Rastreamento corporal GestureMaps .....	37
Figura 22 – Registro de software GestureMaps .....	40

Figura 23 – Registro de marca GestureMaps .....	41
Figura 24 – Execução do RehabGesture 1 .....	41
Figura 25 – Execução do RehabGesture 2 .....	42
Figura 26 – Registro de software RehabGesture .....	44
Figura 27 – Registro de marca RehabGesture .....	45
Figura 28 – Dispositivo Kinect .....	53
Figura 29 – Execução GestureMaps versão 1 .....	57
Figura 30 – Comandos GestureMaps .....	58
Figura 31 – Execução GestureChess .....	59
Figura 32 – Posição incremental GestureChess .....	60
Figura 33 – Execução GesturePuzzle .....	61
Figura 34 – Comandos GestureChair .....	61



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidades GestureCollection .....	22
Tabela 2 – Dados de amplitude de movimento .....	43

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 Interação Humano Computador .....	12
1.2 Realidade Virtual na atividade motora e cognitiva .....	13
<b>2. PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERIAIS, MÉTODOS E INFRAESTRUTURA .....</b>	<b>17</b>
3.1 Materiais .....	17
3.2 Infraestrutura .....	20
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
4.1 GestureChair e GesturePuzzle .....	23
4.1.1 Metodologia GestureChair .....	26
4.1.2 Metodologia GesturePuzzle .....	28
4.1.3 Perspectivas de aplicação .....	29
4.1.4 Pedido de registro de software e marca GesturePuzzle .....	30
4.2 GestureChess .....	31
4.2.1 Metodologia GestureChess .....	32
4.2.2 Perspectivas de aplicação .....	34
4.2.3 Pedido de registro de software e marca GestureChess .....	34
4.3 GestureMaps .....	35
4.3.1 Metodologia GestureMaps .....	36
4.3.2 GestureMaps na prática clínica .....	38
4.3.2.1 Desorientação espacial .....	38
4.3.2.2 Transtorno do movimento .....	38
4.3.3 Perspectivas de aplicação .....	39
4.3.4 Pedido de registro de software e marca GestureMaps .....	40
4.4 RehabGesture .....	41
4.4.1 Metodologia RehabGesture .....	42
4.4.2 Perspectivas de aplicação .....	44
4.4.3 Pedido de registro de software e marca RehabGesture.....	44
<b>5. REALIDADE VIRTUAL E RECONHECIMENTO DE GESTOS APLICADO</b>	

<b>AS ÁREAS DE SAÚDE .....</b>	<b>46</b>
5.1 Introdução .....	47
5.2 Realidade Virtual e aplicações nas áreas da saúde .....	48
5.3 Realidade Virtual, neurociência e atividade física .....	49
5.3.1 Interface Natural de Usuário .....	50
5.3.2 Jogos de reabilitação – <i>serious games</i> .....	51
5.4 Soluções e dispositivos .....	52
5.4.1 Dispositivo PrimeSense – kinect .....	52
5.4.2 Interfaces cérebro máquina .....	53
5.5 Aplicações práticas .....	56
5.5.1 Realidade Virtual e desorientação espacial .....	57
5.5.2 Realidade Virtual e dupla tarefa: <i>gesturechess</i> .....	58
5.5.3 Realidade Virtual e reabilitação do membro superior: GestureChair / GesturePuzzle .....	60
5.6 Conclusões e perspectivas .....	62
5.7 Referências (capítulo 5) .....	62
<b>6. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE A – Projeto de Pós-Doutorado .....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE B – Manuscrito do exame de qualificação: Doping Genético .....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE C – Modelo de Negócio .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO A – Teste de marcha estacionária .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO B – Comparação de jogos virtuais .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO C – Realidade Virtual na prática pedagógica .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO D – Revista pesquisa FAPESP .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO E – Revista Espaço Aberto USP .....</b>	<b>104</b>
<b>Artigo RehaGesture .....</b>	<b>106</b>
<b>Artigo GestureCollection .....</b>	<b>112</b>

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

---

---

O estilo de vida da sociedade atual representa os anseios dos indivíduos que estão inseridos nesta organização social, onde o homem contemporâneo se confronta ao questionar a dinâmica do seu comportamento em relação a tecnologia disponível, neste momento pós era digital. A revolução digital e as potencialidades que dela surgem se faz iminente em áreas como a Biotecnologia, Neurotecnologia e Nanotecnologia. Em comum, do ponto de vista semântico, o termo “tecnologia”, evidenciando de maneira explícita de onde virá, nos anos vindouros, a contribuição para as áreas científicas da Bio, Neuro e Nanociências entre outras.

Entretanto acerca desta tecnologia, é desejável que dispositivos e aplicativos facilitem o nosso cotidiano em prol de maior comodidade, acessibilidade e produtividade, assumindo por certo que as vantagens superam significativamente os riscos associados ao uso frequente, por vezes abusivo, de tais ferramentas computacionais. A interação com estas ferramentas já ocorre entre homem e máquina no mundo contemporâneo, possibilitando novas formas de agir e até mesmo influenciando o comportamento do indivíduo. Em um futuro próximo, esta interação poderá alcançar um novo patamar, onde a consciência também será responsável por controlar a máquina a partir de sinais elétricos ou hemodinâmicos (permitindo à máquina ganhar “vida”, uma vez conectada à internet).

É característico do Séc XXI a premissa de que os ambientes reais e virtuais estão tão ou mais conectados do que se imaginava, permitindo situações inusitadas, até mesmo extremas, como interações pessoais restritas a ambientes virtuais e dependência excessiva do consumo de informações a partir de dispositivos eletrônicos conectados à internet. Por outro lado oferece a oportunidade de convivência social entre indivíduos que estão limitados geográfica ou fisicamente, nos resta definir se esta convivência social por meio de uma realidade virtual é satisfatória do ponto de vista de qualidade de vida ou apenas preenche uma lacuna com o vazio, ou seja, com informações incapazes de estimular sentidos táteis.

Neste contexto, se faz pertinente um alerta em relação a este comportamento que, diretamente associado à um estilo de vida sedentário, contribui para o desenvolvimento de inúmeras patologias relacionadas ao sedentarismo e que poderiam ser evitadas por meio de um estilo de vida fisicamente ativo, logrando assim os benefícios fisiológicos, cognitivos e

emocionais que a prática de atividades físicas regulares podem proporcionar e oferecer melhor qualidade de vida, a qual integra entre outros os aspectos físicos, mentais, psicológicos, emocionais e de relacionamentos sociais (este último questionável).

Assim, uma forma não-convencional para interagir com ambientes virtuais de forma intuitiva, fisicamente ativa e essencialmente lúdica é objeto de interesse para a sociedade moderna. O tipo de interação proposto, por gestos motores, poderá colaborar com o combate ao sedentarismo, reduzir o processo de atrofia muscular (sarcopenia) relacionada com o processo natural de senescência do indivíduo e ainda preparar os usuários para a interação com este tipo de tecnologia (já disponível em SmartTVs).

## **1.1. INTERAÇÃO HUMANO COMPUTADOR**

A Interação Humano Computador (IHC) permite a comunicação entre pessoas e sistemas computacionais de diversas maneiras, entre elas os movimentos corporais de uma pessoa, conhecidos por gestos motores, o que possibilita esta IHC de forma fisicamente ativa e passível de lograr benefícios relacionados as atividades físicas e promoção de saúde. Neste contexto é explorado a interação baseada no comportamento, um tipo de Interface Natural de Usuário (NUI). A NUI é a interface comum usada por designers e desenvolvedores de interfaces de computador para se referir à interação com o computador de um modo efetivamente invisível, ou tornando-se invisível com sucessivas interações aprendidas.

A maioria das interfaces de computadores utilizam dispositivos de controle artificial, cujo o aprendizado dos comandos é realizado por meio de botões, tais como teclado alfanumérico, mouse e controles de videogame, cuja a curva de aprendizagem tende a ser alta. Uma interface NUI exige apenas que o usuário seja capaz de interagir com o ambiente por meio de interações previamente conhecidas por ele, como, por exemplo, gestos e voz. Esse tipo de interface também exige aprendizagem, porém é facilitada, pois não exige que o usuário seja apresentado a um novo dispositivo. Assim, a comunicação por meio de gestos é algo inerente ao ser humano e como qualquer outro tipo de interação exige um período de aprendizagem e acima de tudo, exige um tempo (difícil de se mensurar) para que a sociedade absorva de fato tal forma de IHC.

Segundo Weiyuan, (2010) a NUI possui as seguintes características:

- Design centrado no usuário: provê as necessidades de mudança da interface para diferentes usuários;
- Multicanal: visa capturar vários canais de entrada do usuário para a realização da interação com o computador. São considerados canais de entrada do usuário: mãos, boca, olhos, cabeça, pés e o corpo como um todo;
- Inexato: as ações e pensamentos dos usuários não são precisos, de modo que o computador deve entender a requisição das pessoas;
- Largura de banda alta: devido à grande quantidade de dados gerados pelos dispositivos de interface utilizados, a NUI deve prover suporte a alta taxa de dados;
- Interação baseada em voz: considerada o meio mais conveniente, eficiente e natural de compartilhamento de informações. Em interfaces NUI possui duas abordagens: reconhecimento vocal e tecnologia de compreensão;
- Interação baseada por imagens: considerando que os humanos utilizam como principal sentido a visão, para interfaces NUI, as imagens podem ser abordadas em 3 diferentes níveis: processamento de imagens, reconhecimento de imagens e percepção de imagens; e
- Interação baseada no comportamento: responsável por reconhecer a linguagem corporal do usuário, isto é, movimentos que expressem algum significado (objeto de estudo deste trabalho).

Para o desenvolvimento de aplicações que utilizam NUI como meio de interação, algumas particularidades da interface devem ser levadas em consideração. Segundo Gnecco et al., (2012), a precisão dos gestos está limitada ao dispositivo, visto que o rastreamento por câmeras não é tão preciso quanto dispositivos mecânicos, tais como mouse e teclado.

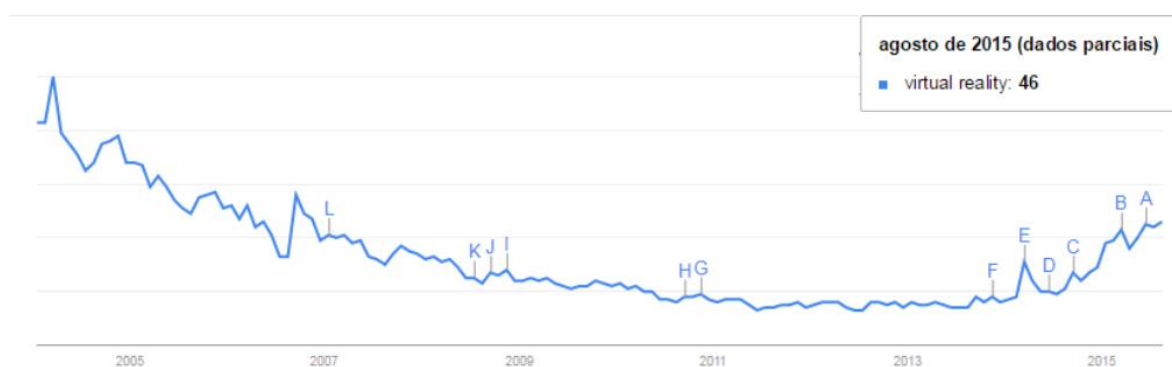
## **1.2. REALIDADE VIRTUAL NA ATIVIDADE MOTORA E COGNITIVA**

Atividades motoras e cognitivas são estimuladas a todo momento no real ambiente em que vivenciamos nossas experiências cotidianas, sendo este o objetivo da Realidade Virtual (RV), ou seja, simular situações reais em ambientes virtuais e com isto proporcionar um treinamento técnico com riscos reduzidos, incrementar o processo de ensino-aprendizagem, motivar

terapias de reabilitação neuro-motora e novas formas de entretenimento. Considerando o uso de RV para oferecer estímulos motores e cognitivos para determinada terapia, sua aplicação pode ser caracterizada em *exergames* quando associada ao incremento de atividades físicas ou em *serious games* quando associada ao treinamento técnico ou aos processos de reabilitação. Segundo Zyda, (2005) os serious games visam simular as situações práticas do cotidiano, com o objetivo de proporcionar o treinamento de profissionais em situações de risco extremo e em treinamentos voltados a aprendizagem nas áreas da educação, formação empresarial, saúde, políticas públicas entre outras.

A figura 1 apresenta a frequência de busca sobre o tema RV na ferramenta *Google Trends*, com dados armazenados desde 2004, é possível notar que atualmente o tema VR está em ascensão, atingindo o maior patamar de busca desde 2007.

**Figura 1:** Interesse pelo termo “*Virtual Reality*” desde 2004.



Fonte: <http://www.google.com/trends/explore?hl=pt-BR>

O uso de RV em terapias tem crescido e novas formas de interação contribuem para este processo. Sveistrup et al., (2003) apresentam a comparação entre o modo convencional e o uso de RV para exercícios de reabilitação relacionadas ao pós-traumatismo craniano. Grealy et al., 1999 também realizou um estudo que demonstra o impacto da RV na reabilitação cognitiva de pacientes que sofreram traumatismo craniano.

Kubicki et al., (2014) investigaram se o uso de aplicações de RV poderia melhorar a realização de Atividades de Vida Diária (AVDs), principalmente a coordenação entre movimentos gerais e a postura de idosos. Após três semanas, o estudo revelou melhora significativa no controle das mãos, na velocidade para realizar tarefas e no ajuste postural antecipatório. Esses resultados sugerem que algum nível de reaprendizagem motora é mantido

em indivíduos idosos com reserva funcional baixa.

Wang et al., (2011) apresentaram um estudo comparativo entre o uso de RV e a atividade real de pessoas com Mal de Parkinson para a interação com alvos fixos e móveis. Luo et al., (2011) desenvolveram um sistema de RV para a reabilitação de membros superiores, os autores utilizaram dois sistemas de rastreamento, o *Arm Suit* e o *Smart Glove*. Para retrainar o movimento de indivíduos com limitações cognitivas e físicas. Rose et al., (2005) utilizaram aplicações de RV para simular situações próprias do cotidiano por meio de estímulos multissensoriais.

Paolini et al., (2013) apresentaram uma aplicação de RV integrada ao dispositivo Kinect. A aplicação teve o intuito de validar um método de posicionamento e orientação do pé em tempo real, utilizando o sistema de rastreamento fornecido pelo Kinect. Os autores utilizaram como aplicação o treinamento dos movimentos relativos à marcha.

Laver et al., (2011) avaliou o efeito do tratamento utilizando aplicações de RV na recuperação da função cognitiva, da marcha, do equilíbrio e das atividades de vida diárias (AVDs) em pacientes que sofreram um AVC. Os resultados apontam que ainda faltam evidências que demonstrem respostas significativas com relação ao uso de RV, quando estas são comparadas com as respostas obtidas na terapia convencional. Porém, quando considerado apenas o tratamento de membro superior, estudos indicam melhores resultados na reabilitação da função motora e funcional quando a terapia convencional é associada à terapia com RV.

Turolla et al., (2013) demonstraram a efetividade da RV associada à terapia convencional no tratamento do membro superior em pacientes que sofreram um AVC em diferentes níveis de gravidade motora. O aumento do feedback obtido na realização da própria tarefa pode facilitar a reaquisição da habilidade motora comprometida. Além disso, a possibilidade de modificar as características do cenário virtual pode tornar as sessões de reabilitação mais atrativas e agradáveis.

Holper et al., (2010) avaliaram as diferenças na atividade cerebral de voluntários destros durante a observação, a imaginação e a imitação de um braço virtual que realiza o movimento de pegar e empurrar uma bola. Eles concluíram que a atividade cerebral durante a observação e a imaginação é metade da registrada durante a imitação do movimento proposto.



## 2. PROPOSIÇÃO

---

---

Pretende-se aplicar a técnica de reconhecimento de gestos no desenvolvimento de aplicativos direcionados para as áreas de saúde, de forma a beneficiar a sociedade com as possibilidades que a IHC a partir de gestos motores podem proporcionar, especialmente aquelas relacionadas com a promoção de saúde e/ou terapias de reabilitação.

Espera-se:

1. Garantir acessibilidade em ambientes Imersivos de Realidade Virtual;
2. Prover Interação Humano-Computador por meio de gestos motores;
3. Abrir canal de comunicação colaborativo entre Agente de Saúde e Beneficiário;
4. Desenvolver ferramenta de educação, treinamento, recuperação e reabilitação.

### 3. MATERIAS, MÉTODOS E INFRAESTRUTURA

---

---

\* A METODOLOGIA de cada aplicativo desenvolvido é apresentada junto aos resultados no capítulo 4.

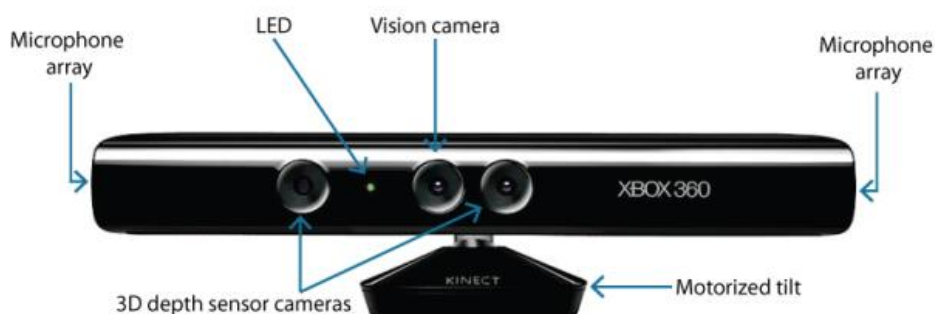
#### 3.1. MATERIAIS

Foram utilizados o dispositivo PrimeSense (tipo Kinect) como hardware de reconhecimento de gestos, o framework OpenNi que permite a interação entre o hardware e o software e o middleware Nite que transforma os sinais de entrada em interação gestual.

##### A. Dispositivos PrimeSense

A PrimeSense, (2013) é a empresa responsável pelo desenvolvimento da tecnologia empregada em dispositivos do tipo Kinect (figura 2), capazes de capturar dados de profundidade (3D) em tempo real a partir de um sensor infravermelho e reconhecer se há a presença de um corpo humano no ambiente, a partir da forma da sua silhueta.

**Figura 2:** Dispositivo Microsoft Kinect.



Fonte: Google imagens.

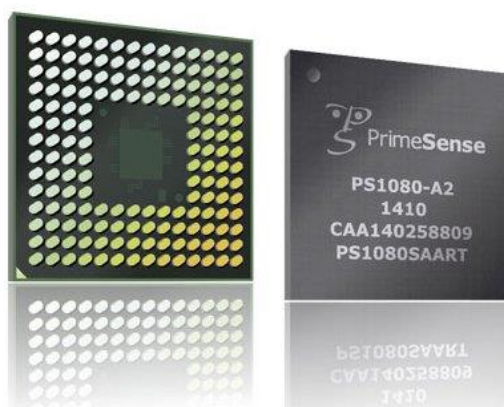
O Kinect, originalmente, foi desenvolvido como acessório ao console Xbox 360, no

entanto, por utilizar interface USB, começou a ser utilizado no desenvolvimento de aplicações computacionais providas de interface NUI. Os principais componentes de hardware são uma câmera RGB, um sensor de profundidade, um vetor de microfones, um motor de inclinação e um acelerômetro de três eixos. A Microsoft lançou um Kinect específico para PC (Kinect for Windows), pois os destinados ao XBOX 360 não possuem licença para serem utilizados em PCs para fins comerciais. A versão para PC, por sua vez, possui um kit de desenvolvimento básico, capaz de suportar aplicações desenvolvidas para o sistema operacional Windows.

Nos modelos atuais cada quadro gerado pelo sensor de profundidade possui resolução VGA (640 x 480 pixels), com uma taxa de atualização de 30 Hz. O uso de uma resolução maior, de até UXGA (1600 x 1200 pixels) é possível por meio de interpolação. A matriz de áudio é composta por quatro microfones, com cada canal de processamento de áudio de 16 bits, a uma taxa de amostragem de 16 kHz. O hardware inclui a supressão de ruído ambiente. O Kinect utiliza 12 watts de energia de alimentação externa e mais de 2,5 watts fornecidos por uma porta USB padrão.

A capacidade de capturar dados de profundidade em tempo real (via o sensor infravermelho) é uma tecnologia que está presente no chip PS1080 (figura 3) criado pela PrimeSense e implementado no Kinect. Existem duas versões PS1080, denominados Carmine 1.08 e Carmine 1.09, os quais determinam a distância necessária entre o usuário e o dispositivo, sendo respectivamente 0,8 – 3,5m e 0,5 – 1,4m.

**Figura 3:** Chip OS1080 PrimeSense.



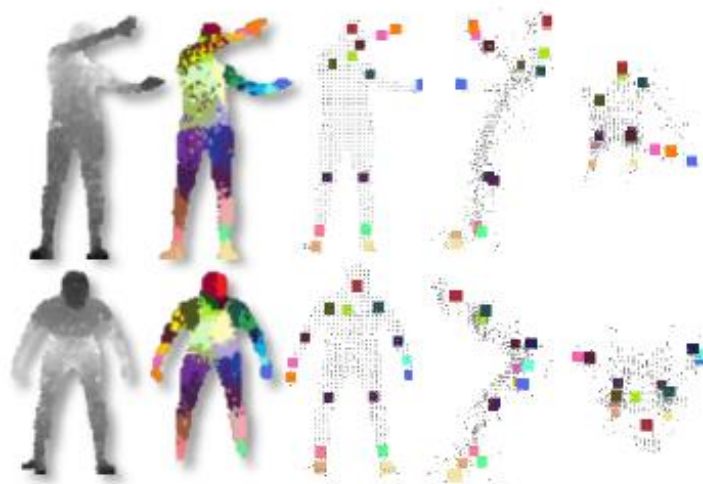
**Fonte:** Google imagens.

O reconhecimento destes gestos ocorre em duas etapas: 1º o corpo de uma pessoa deve ser

identificado pelo sensor que o distingue dos demais objetos presentes no mesmo ambiente e 2º os segmentos corporais, da pessoa identificada, devem ser agora atribuídos de características que possam servir de controle a um sistema computacional.

Após o reconhecimento do corpo humano, a partir da forma da sua silhueta, um algoritmo desenvolvido pela Microsoft (SHOTTON et al., 2011) delimita as áreas de cada uma das principais articulações do corpo e as transforma em pontos únicos, reconhecendo as coordenadas espaciais destes pontos (figura 4). Estes pontos são atribuídos de sinais de entrada (input) que, reconhecidos pelo Kinect, geram sinais de saída (output), e assim controlam um jogo ou uma aplicação do seu computador. Ainda Shotton et al., (2011) destacam ainda a importância em fragmentar o esqueleto em partes para obter maior precisão nos testes com reconhecimento de imagens em humanos. Os pontos rastreados, que permitem animar avatares são: cabeça, tronco, ombros, cotovelos, mãos, quadris, joelhos e pés.

**Figura 4:** Imagem de como o algoritmo desenvolvido pela Microsoft reconhece a silhueta de um corpo humano, a partir de imagens infravermelho, e atribui coordenadas espaciais às suas articulações.



**Fonte:** Shotton et al., (2011).

Existem algumas soluções de software para o desenvolvimento de aplicações que utilizam dispositivos PrimeSense, tais como: Microsoft Kinect SDK 1.7 (MICROSOFT, 2013), libfreenect (LIBFRENECT, 2014) e OpenNI/NITE (OPENNI, 2013; NITE, 2013), sendo este último utilizado para o desenvolvimento dos aplicativos GestureCollection em ambiente Linux (Ubuntu).

## **B. OpenNI e NITE**

A OpenNI (do inglês *Open Natural Interaction*) é uma organização sem fins lucrativos, formada pela própria indústria de fabricantes para certificar e promover a compatibilidade e interoperabilidade de equipamentos de interação natural. Por padrão, ela não possibilita o uso do Kinect, o que é possível por meio do driver Avin2Sensor (AVIN, 2013). OpenNI é um framework que fornece uma API para o desenvolvimento de aplicações que fazem uso de interação natural. Esta API abrange a comunicação com dispositivos de baixo nível (sensores de visão e áudio), bem como soluções de alto nível (o acompanhamento visual utilizando visão computacional). O framework está escrito e distribuído sob a GNU Lesser General Public License (LGPL), sendo o código fonte livremente distribuído e disponível ao público em geral (a versão utilizada do framework foi a 2.0).

O NITE (do inglês *Natural Interaction Middleware*) é um middleware usado pelo framework OpenNI, desenvolvido pela PrimeSense. Apesar de ter seu código fechado, é gratuito para o uso, podendo ser usado no desenvolvimento de aplicações comerciais. Ele é responsável por tratar as entradas do usuário obtidas pelo framework OpenNI, transcrevendo-os em gestos. O middleware prove dois tipos de rastreamento, um para mãos (capaz de detectar gestos como o *push*, *wave* e *circle*) e outro para o corpo que permite o rastreamento das principais articulações do corpo (a versão utilizada do middleware foi a 2.0).

### **3.2. INFRAESTRUTURA**

Laboratório de Visualização Imersiva, Interativa e Colaborativa (LaVIIC), é um Laboratório de Pesquisa (LP 07) situado no 2º andar do Departamento de Computação que está localizado na área norte da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus de São Carlos. Está cadastrado junto aos programas de Pós Graduação em Computação e em Biotecnologia, ambos vinculados ao Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia desta Instituição e conta com uma MiniCAVE (figura 5) composta por:

- 4 PCs i7 2.8 GHz, 8 GB RAM, 1 TB HD, GTX 480 768 MB
- 1 TV LG Bravia (3D)
- 6 Projetores Full HD - BENQ W1000
- 3 Suportes para dois projetores cada

- 50 Óculos Polarizados
- 3 Pares de Lentes Polarizadoras
- 3 Telas de Projeção de Alto Brilho (2.5 M x 1.4 M)
- 2 Sensores de profundidade infravermelho:Kinect

**Figura 5:** Planta baixa da estrutura de multiprojeção – MiniCAVE



**Fonte:** Elaborada por Diego R.C. Dias (Pesquisador do LaVIIC).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

---

Visando proporcionar esta interação entre o homem e o computador de maneira fisicamente ativa, foi desenvolvido no LaVIIC um conjunto de ferramentas computacionais (GestureCollection), representadas por quatro aplicativos (GestureChair, GesturePuzzle, GestureChess e GestureMaps) que permitem a interação gestual com ambientes de RV e um aplicativo (RehabGesture) que mensura e registra a Amplitude de Movimento (ADM) dos gestos do usuário. Junto à Agência de Inovação da UFSCar, foi feito o pedido de registro de software e marca destes aplicativos no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), os quais estão em processo de análise.

A Tabela 01 apresenta as formas de interação (considerando a posição e a região do corpo) permitido em cada aplicativo GestureCollection, incluindo a intensidade de movimento exigido e o tipo de estímulo associado.

**Tabela 1:** Capacidades GestureCollection.

Capacidades	GestureChair	GesturePuzzle	GestureChess	GestureMaps
Membros superiores	Sim	Sim	Sim	Não
Membros inferiores	Não	Não	Não	Sim
Rotação de tronco	Não	Não	Não	Sim
Posição ortostática	Sim	Sim	Sim	Obrigatório
Posição sentada	Sim	Sim	Sim	Não
Amplitude de movimento	Médio	Alto	Baixo	Médio
Coordenação motora	Médio	Baixo	Alto	Médio
Estímulo cognitivo	Baixo	Baixo	Alto	Médio

**Fonte:** Elaborado pelo próprio autor.

A marca GestureCollection (figura 6) representa todos os aplicativos já desenvolvidos e deverá incorporar as novas versões otimizadas e atualizadas.

Processo Marca: 909054703

Data da Criação: 10/12/2014 – Data do Depósito: 02/03/2015

**Figura 6:** representa a marca GestureCollection



Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

#### 4.1. GESTURECHAIR E GESTUREPUZZLE

A articulação glenoumeral classificada como diartrodial (livremente móvel), do tipo esferóide multiaxial ou enartrodial, possui três graus de liberdade e larga amplitude de movimento com rotação nos três eixos ortogonais X-Y-Z (ZATSIORSKY, 2004; SACCO e TANAKA, 2008) e apesar de esqueleticamente fraca, devido à frouxidão da cápsula fibrosa que envolve tal articulação, os três ligamentos glenomeriais (superior, médio e inferior) reforçam sua estrutura em conjunto com as extensões provenientes dos tendões dos músculos: peitoral maior e redondo maior (THOMPSON e FLOYD, 2002).

Entre os músculos envolvidos nos movimentos desta articulação destacam-se principalmente (HALL, 2009): Deltóide, Peitoral Maior, Latíssimo do Dorso e o Redondo Maior. Alguns músculos curtos inseridos próximos do úmero atuam de forma a neutralizar esta articulação, devido a sua relativa instabilidade, são eles: Subescapular, Supraespinhal, Infraespinhal e Redondo Menor, conjuntamente denominados músculos do “Manguito Rotador”.

A seguir está relacionado os movimentos específicos da articulação do ombro (SALVINI, 2005 e ORTHOINFO, 2007):

- Flexão: apresenta amplitude de até 180° no plano ântero-posterior ou sagital;
- Extensão a partir da posição pendente: atinge uma amplitude que varia entre 40 e 45° no plano ântero-posterior ou sagital;



- Abdução partindo da posição anatômica: apresenta amplitude de até 180° no plano lateral ou coronal. O movimento de abdução passa por três estágios definidos clinicamente como “estágios do arco doloroso” onde o 1° estágio: 0 a 60° é realizado unicamente pela articulação do ombro; o 2° estágio: 60 a 120° é realizado pela articulação do ombro com participação da escapulotorácica e o 3° estágio: 120 a 180° associa a inclinação do tronco as articulações descritas anteriormente;
- Adução: atinge amplitude que varia de 30 a 45° no plano lateral ou coronal;
- Abdução e adução horizontal: ocorre quando o ombro está flexionado (plano coronal) a 90° e se dá no plano horizontal ou transversos;
- Rotação medial: a partir da posição anatômica e com o cotovelo flexionado a 90° (posição inicial) esta rotação varia até 30°, tendo o tórax como anteparo, no plano horizontal ou transversos. Neste caso se ultrapassarmos o tronco, colocando as mãos atrás das costas, teremos o movimento de rotação medial associado à extensão, que pode atingir até 95° em relação a posição inicial;
- Rotação lateral: atinge amplitude de até 80° no plano horizontal ou transversos;
- Circundução (associação de todos os movimentos, exceto os de rotação) Quando o indivíduo realiza este movimento alcançando amplitude máxima, ele descreve no espaço um cone irregular.

Devido à pouca profundidade da articulação glenoumeral, ela é frequentemente luxada, e quando isto ocorre, a perda de movimento é parcialmente compensada pelo aumento da mobilidade da escápula (ZATSIORSKY, 2004). Nos Estados Unidos, 4.1 milhões de pacientes procuraram auxílio médico devido a problemas nos músculos do manguito rotador, apenas no ano de 2006 (ORTHOINFO, 2009), evidenciando a frequência de lesões nesta região corporal.

Guimarães et al., (2011) apresentam uma característica, na fase de avaliação do jogo KiPuzzle, que destaca o cansaço físico como fator limitante ao tempo de interação do usuário com a interface não-convencional baseada em gestos, evidenciando que um maior grau de fortalecimento da musculatura do complexo articular do ombro poderia colaborar com o tempo de interação dos usuários desta tecnologia.

A figura 7 apresenta algumas posições em relação a articulação do ombro, considera-se uma visão frontal. As imagens foram obtidas a partir do software Kinect Explorer.

**Figura 7:** Posição estática da articulação do ombro.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Os movimentos articulares necessários para as diversas tarefas no cotidiano dificilmente contemplam toda a amplitude de movimento desta articulação, induzindo atrofia muscular nesta região com o passar do tempo, o que torna a busca de novas técnicas de fortalecimento e reabilitação para o complexo articular do ombro um grande interesse social, principalmente quando considerado a atividade física adaptada a lesados medulares.

A lesão medular espinal é considerada uma das mais graves e devastadoras síndromes incapacitantes que podem atingir o ser humano, os recursos científicos atuais ainda não conseguem reverter as expressivas alterações. Portanto, o tratamento de reabilitação é o caminho que facilita e estimula o lesado medular a reaprender a controlar suas funções lesadas e obter a maior independência possível, tornando-o capaz de melhorar sua qualidade

de vida (SAURON, 2007).

A população mais afetada é jovem (idade média de 30 anos) e do sexo masculino, sendo que, as estatísticas revelam que, por ano, a cada um milhão de pessoas, 30 a 40 delas sofrem lesão medular. Considerando este contexto, foi proposto o aplicativo GestureChair direcionado para lesados medulares nos segmentos lombares ou sacrais, o qual provoca paraplegia, comprometendo a função do tronco e dos membros inferiores (CASALIS, 2003).

#### 4.1.1. METODOLOGIA GESTURECHAIR:

O aplicativo GestureChair foi desenvolvido em Java, responsivo ao sensor de reconhecimento de gestos (dispositivo Kinect), baseado em no jogo KapMan do pacote de software do Ubuntu (trata-se de uma versão livre do famoso jogo de 8 bits Pacman). O usuário controla o personagem do jogo com movimentos manuais, anteriormente descritos, ao invés de usar o teclado.

A figura 8 apresenta a interface do jogo em execução a partir de interação gestual.

**Figura 8:** Execução do GestureChair



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

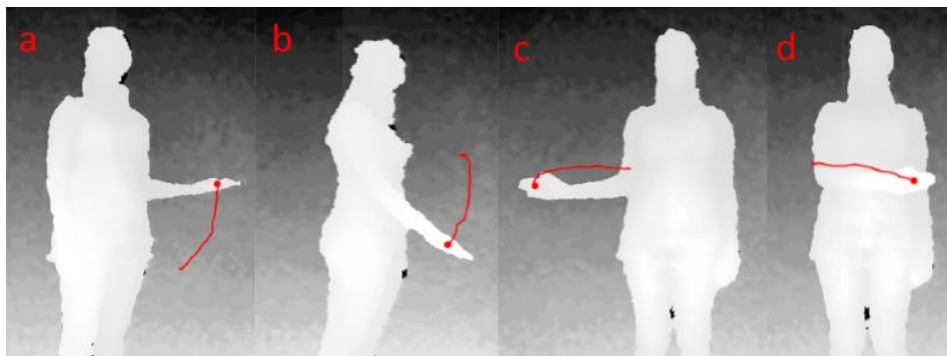
O fato deste jogo ser inicialmente pensado para ser controlado a partir da posição sentada está relacionado a sua indicação à lesados medulares (pessoas cadeirantes), justificando o

nome GestureChair. Kizony et al., (2003) apresenta uma interface de RV para lesados medulares utilizando uma câmera de vídeo para inserir o usuário no mesmo plano do jogo, os participantes são engajados a tocar os pássaros que aparecem na tela com as mãos voltadas ao acima do nível do ombro (flexão total de ombro) ou ainda defender a cobrança de um pênalti com parcial abdução lateral (abaixo do nível dos ombros).

Lee et al., (2003) desenvolveram um ambiente virtual que simula um supermercado, com configurações distintas em relação a disposição das prateleiras, onde os pacientes (traumatismo craniânio) deveriam controlar sua trajetória dentro do supermercado virtual a partir dos comandos de um joystick e assim oferecer um treinamento que requer habilidades cognitivas relacionadas a mudança de direção.

No caso do GestureChair o reconhecimento da mão do usuário ocorre a partir do gesto *wave* (movimento similar ao tchau), a partir deste ponto o programa reconhece cada gesto e permite ao usuário controlar o jogo. Caso o usuário não fizer o movimento *swipe* rápido o suficiente, o programa não interpreta nenhum gesto prevenindo o reconhecimento de gestos indesejáveis, o que poderia tornar o controle do jogo inviável. Após iniciado e partindo-se da posição sentada\*, são necessários os seguintes movimentos manuais rápidos para controlar o jogo: 1º flexão de cotovelo (determina que o pacman seja movimentado para cima, figura 9a), 2º extensão de cotovelo (determina que o pacman seja movimentado para baixo, figura 9b), 3º rotação lateral de ombro, com o cotovelo flexionado a 90º (determina que o pacman seja movimentado para o sentido lateral do corpo do usuário, figura 9c) e 4º rotação medial de ombro, também com o cotovelo flexionado a 90º (determina que o pacman seja movimentado para o sentido medial do corpo do usuário, figura 9d).

**Figura 9:** Posição (a) flexão, posição (b) extensão do cotovelo, (c) rotação lateral do ombro com o cotovelo flexionado e (d) rotação medial do ombro com o cotovelo flexionado.



**Fonte:** Figura elaborada pelo autor

#### 4.1.2. METODOLOGIA GESTUREPUZZLE

O aplicativo GesturePuzzle, também desenvolvido em Java e responsivo ao sensor de reconhecimento de gestos (dispositivo Kinect), consiste de um jogo de quebra-cabeça em que a movimentação e encaixe das peças ocorre conforme os gestos do usuário. Zhang et al., (2003) apresenta uma cozinha virtual, onde indivíduos com traumatismo craniano devem preparar uma refeição na cozinha virtual (uma tarefa específica associada as AVDs), os ingredientes estão dispostos em segundo plano na interface e o objetivo é controlar uma mão (primeiro plano) com o mouse para alcançar os ingredientes adequados a refeição desejada. Tal interação com o mouse se restringe a movimentos curtos, sendo o estímulo cognitivo maior que o estímulo motor necessário para realizar a tarefa.

Cameirão et al., (2010) apresenta um sistema de RV onde braços virtuais aparecem em primeiro plano na tela e seus movimentos são associados aos braços do usuário (pacientes hemiplégicos) que estão em cima de uma plataforma com marcadores coloridos nas luvas; estes marcadores são reconhecidos por uma câmera de vídeo e permitem que os movimentos dos braços do usuário controlem os braços virtuais, estimulando movimentos do membro superior no plano transversal.

No caso do GesturePuzzle as coordenadas 3D (tridimensionais) da mão do jogador são processadas pelo aplicativo e enviadas para o jogo, de modo que as peças sejam orientadas e encaixadas nas devidas posições, figura 10. No lado esquerdo da tela localiza-se a grade onde as peças devem ser encaixadas e na parte direita da tela estão as peças do quebra-cabeça embaralhadas. Para montar o quebra-cabeça, basta que o jogador posicione uma das mãos sobre uma das peças embaralhadas e a arreste para a grade de montagem. Se o usuário posicionar a mão sobre área da interface no qual se localiza o texto “próxima imagem”, um novo jogo é inicializado, com uma nova imagem.

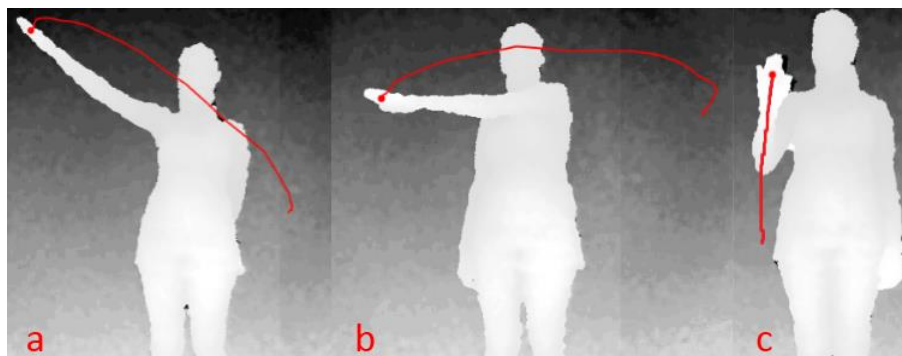
**Figura 10:** Execução do GesturePuzzle



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Assim é possível explorar os movimentos dos membros superiores (figura 11) em todos os planos e amplitudes de movimento (coronal, sagital e transversal), permitindo o controle tanto a partir da posição ortostática quanto da posição sentada.

**Figura11:** Planos e amplitudes de movimentos utilizados para controlar o aplicativo GesturePuzzle (a. movimento diagonal, b. movimento no plano transversal e c. movimento no plano sagital).



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Caso o usuário apresente limitação de movimento dos membros superiores, é possível diminuir a amplitude de movimento aproximando-se do sensor, assim é necessário um menor movimento para deslocar as peças de um lado ao outro da interface.

#### **4.1.3. PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO**

##### **A) PROPOSTAS DE PESQUISA EM COLABORAÇÃO**

- Projeto: COMPARAÇÃO DE JOGOS VIRTUAIS E SEUS EFEITOS NO DESEMPENHO DE PESSOAS COM TETRAPLEGIA E PARAPLEGIA POR LESÃO DA MEDULA ESPINAL. Laboratório de Análise Funcional e Ajudas Técnicas – LAFATec / Departamento de Terapia Ocupacional (DTO) - UFSCar.
- Projeto: AVALIAÇÃO DO JOGO VIRTUAL “KAPMAN” POR PESSOAS COM LESÃO NA MEDULA ESPINAL. LAFATec / DTO - UFSCar.
- Projeto: CONTRIBUIÇÕES DA RV PARA O DESENVOLVIMENTO DO PERFIL PSICOMOTOR DO ALUNO COM DEFICIÊNCIA FÍSICA. Laboratório de Tecnologia Assistiva (LTA) Curso de Educação Especial (CEE) - UFSCar.

- Projeto: RV NA PRÁTICA PEDAGÓGICA DE PROFESSORES DAS SALAS DE RECURSOS MULTIFUNCIONAIS. LTA / CEE-UFSCar.

## B) TRABALHO APRESENTADO GESTURECHAIR / GESTUREPUZZLE

- BRANDÃO, AF; SOARES, MC; BRASIL, GJC; DIAS, DRC; FABBRO, AC; DUARTE, ACGO; TREVELIN, LC. Prevenção de atrofia muscular da articulação glenoumeral por meio de atividade física adaptada a Realidade Virtual e reconhecimento de gestos. In: Simpósio Sesc de Atividades Físicas Adaptadas, 2013, São Carlos.

### 4.1.4. PEDIDO DE REGISTRO DE SOFTWARE E MARCA GESTUREPUZZLE

Publicação de Pedido de Registro de Programa de Computador GesturePuzzle: Revista da Propriedade Intelectual (RPI), nº 2318, pg 178-179, publicada em 09/06/2015 – Despacho 80.

Processo Software: BR 51 2014 001378-2 (figura 12)

Data da Criação: 01/03/2011 – Data do Depósito: 19/11/2014

Regime de Guarda: SIGILO ATÉ 19/11/2024

**Figura 12:** Solicitação de registro de software GesturePuzzle.

Instituto Nacional da  
**Propriedade Industrial**  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Consulta à Base de Dados do INPI

[ Início | Ajuda? ]  
Anterior 2/4 Próximo

» Consultar por: Pesquisa Base Programas | Finalizar Sessão

---

**Programa de Computador**

Nº do Pedido: **BR 51 2014 001378 2**  
 Data do Depósito: 19/11/2014  
 Linguagem: JAVA  
 Campo de Aplicação: CO-02 / ED-06 / SD-01 / SD-04 / SD-06  
 Tipo Programa: ET-01 , ET-02 , FA-01 , IT-02 , TI-01  
 Título: GESTUREPUZZLE - GESTURE'S  
 Nome do Titular: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
 Nome do Autor: ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO / GUSTAVO JORDAN CASTRO BRASIL / LUIS CARLOS TREVELIN / MARCELO DE PAIVA  
 Nome do Procurador: MARCELO FERRO GARZON

Petições ?							
Pgo	Protocolo	Data	Img	Serviço	Cliente	Delivery	Data
✓	020140034489	19/11/2014	-	722	Fundação Universidade Federal de São Carlos		-

Publicações ?			
RPI	Data RPI	Despacho	Complemento do Despacho
2318	09/06/2015	080	

Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

Processo Marca: 909054304

Data da Criação: 10/12/2014 – Data do Depósito: 02/03/2015

**Figura 13:** Solicitação de registro de marca GesturePuzzle

Instituto Nacional da  
Propriedade Industrial  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Nº do Processo: **909054304**



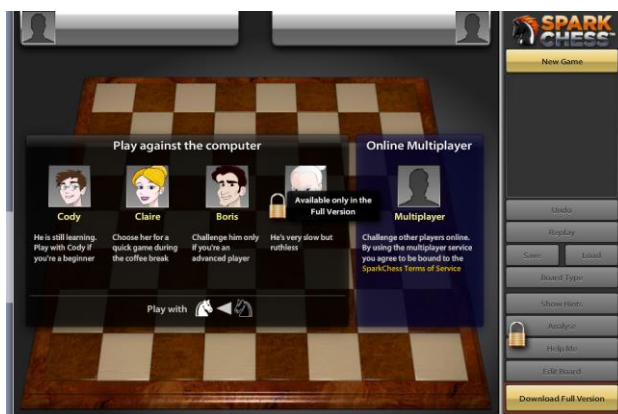
Pgo	Protocolo	Data	Img	Serviço	Cliente
✓	850150041578	02/03/2015	-	389	Fundação Universidade Federal de São Carlos

Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

## 4.2. GESTURECHESS

O SparkChess, (2013) foi o jogo escolhido para ser utilizado como estudo de caso para o uso da interface gestual proposta e implementada. O nível de dificuldade pode estimular ou não o envolvimento do jogador, visto que, se o jogo for extremamente difícil, jogadores sem experiência podem perder o interesse, prejudicando o principal propósito da aplicação: proporcionar estímulos motores e cognitivos de forma simultânea. A figura 14 apresenta a tela inicial do SparkChess, que consiste de um sistema provido de Inteligência Artificial tanto para assessorar o usuário, quanto para oferecer adversários com diferentes níveis de dificuldade.

**Figura 14.** SparkChess em execução.



Fonte: Figura elaborada pelo autor



A execução do jogo é realizada em um ambiente de projeção, o que melhora a sensação de imersão devido ao tamanho da imagem; o Kinect é posicionado abaixo/centro da tela, de modo que o jogador fique em uma posição ereta e de frente para a mesma, esta posição do usuário permite maior gasto energético devido ao recrutamento de alguns grupos musculares, principalmente, os músculos eretores da espinha responsável por manter a coluna ereta. A figura 15 apresenta a execução do jogo a partir de interação gestual.

**Figura 15:** Execução do GestureChess



**Fonte:** Figura elaborada pelo autor

#### **4.2.1. METODOLOGIA GESTURECHESS**

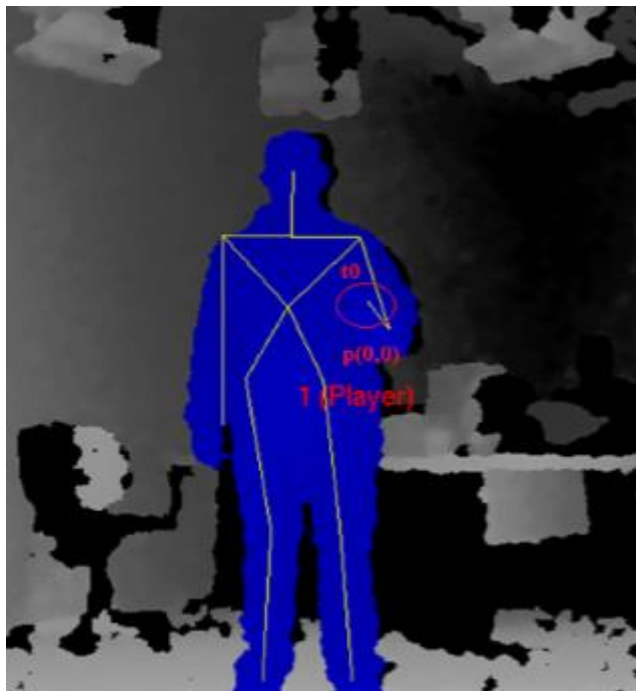
Neste trabalho, a NUI é utilizada como meio de interação com um jogo de Xadrez virtual, permitindo ao usuário explorar sua habilidade motora e de concentração visando otimizar a tática escolhida, e assim superar seu oponente. Tais ações são realizadas simultaneamente e exigem do usuário recrutamento muscular e atividade cognitiva (dupla tarefa). O Xadrez é caracterizado por ser um jogo de estratégia e tática, onde o raciocínio matemático está onipresente em todo cálculo de probabilidade de movimentação das suas peças e de seu adversário.

Trobia et al., (2011) combinaram o uso da música com a RV para oferecer aos pacientes, em processo de reabilitação pós Acidente Vascular Cerebral (AVC), uma prática mental com intuito de relaxar e reproduzir movimentos manuais de forma simultânea. Foi construído uma estrutura (com projeção) onde um braço virtual era visto em cima de uma mesa de vidro e o

paciente deveria posicionar seu braço em cima da tela e acompanhar o movimento do braço virtual (simulando movimentos em espelho). Assim, os pacientes realizavam movimentos no plano transversal enquanto recebiam estímulos sonoros da música.

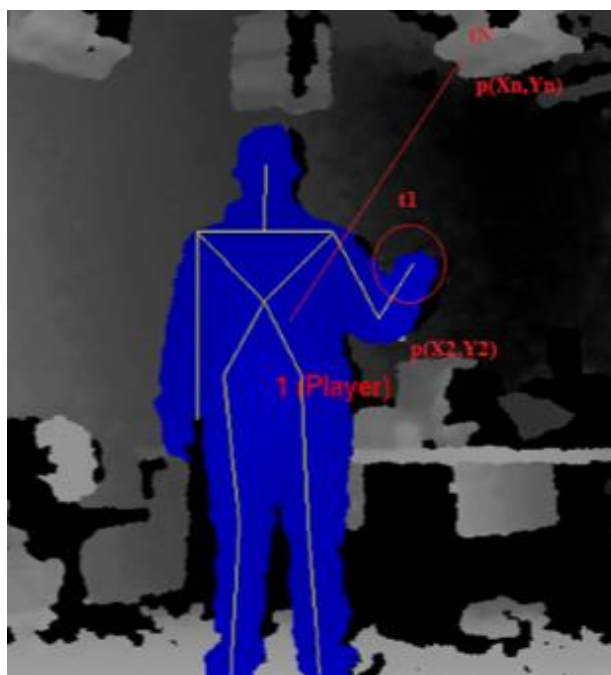
No caso do aplicativo GestureChess, o primeiro movimento de *push* cria virtualmente coordenadas espaciais 0,0 e a partir deste ponto é possível associar os movimentos da mão rastreada com o incremento as coordenadas do mouse. Na subfigura (16) é ilustrado o posicionamento inicial do rastreamento, onde os valores para X e Y são 0 (t0), o que permite que o cursor fique imóvel. No passo em que a mão é movimentada, o cursor do mouse também será, no entanto, para que o jogo possa ser utilizado por pessoas com diferentes capacidades motoras, um método para incrementar a posição do cursor foi implementada. Na subfigura (17) é apresentado o posicionamento incremental nas posições XN e YN (tN), o qual é variado de acordo com a velocidade imposta pela mão, assim, mesmo que as mãos estejam paradas em X2 e Y2 (t1), a posição do cursor continuará a ser incrementada à XN e YN, permitindo que jogadas sejam executadas em todo o tabuleiro, mesmo que o usuário possua limites na amplitude do movimento. Para que o cursor volte a ficar imóvel, o usuário deve reposicionar sua mão no p(0,0).

**Figura 16:** Posição inicial do cursor em relação ao movimento da mão.



**Fonte:** Figura elaborada pelo autor

**Figura 17:** Posição final do cursor em relação ao movimento da mão.



**Fonte:** Figura elaborada pelo autor

#### **4.2.2. PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO** Trabalhos apresentados GestureChess

- BRANDÃO AF, DIAS DRC, BRASIL GJC, TREVELIN LC. GestureChess: tarefa dupla em ambiente virtual. In: Conferências USP sobre Determinantes Sociais de Saúde e Ações Interprofissionais. pg. 62, 2013. ISBN 978-85-64922-03-7.
- DIAS DRC, BRANDÃO AF, BRASIL GJC, GUIMARÃES MP, BREGA JRF, TREVELIN LC. GestureChess - Interface Natural de Usuário na Atividade Motora e Cognitiva. In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 1:115-120, 2013.

#### **4.2.3. PEDIDO DE REGISTRO DE SOFTWARE E MARCA GESTURECHESS**

Publicação de Pedido de Registro de Programa de Computador GestureChess: Revista da Propriedade Intelectual (RPI), nº 2318, página 178, publicada em 09/06/2015 – Despacho 80.

Processo INPI Software: BR 51 2014 001377-4 (figura 18)

Data da Criação: 01/06/2013 – Data do Depósito: 19/11/2014

Regime de Guarda: SIGILO ATÉ 19/11/2024

**Figura 18:** Solicitação de registro de software GestureChess.

Instituto Nacional da Propriedade Industrial  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Consulta à Base de Dados do INPI

[ Início | Ajuda? ]  
Anterior 4/4

» Consultar por: Pesquisa Base Programas | Finalizar Sessão

**Programa de Computador**

Nº do Pedido: **BR 51 2014 001377 4**  
 Data do Depósito: 19/11/2014  
 Linguagem: C / C++  
 Campo de Aplicação: CO-02 / ED-06 / SD-01 / SD-04 / SD-06  
 Tipo Programa: ET-01 , ET-02 , FA-01 , IT-02 , TI-01  
 Título: GESTURECHESS - GESTURE'S  
 Nome do Titular: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
 Nome do Autor: ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO / DIEGO ROBERTO COLOMBO DIAS / LUIS CARLOS TREVILIN  
 Nome do Procurador: MARCELO FERRO GARZON

Petições ?

Pgo	Protocolo	Data	Img	Serviço	Cliente	Delivery	Data
✓	020140034488	19/11/2014	-	722	Fundação Universidade Federal de São Carlos		-

Publicações ?

RPI	Data RPI	Despacho	Complemento do Despacho
2318	09/06/2015	080	

Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

Processo INPI Marca: 909054460 (figura 19)

Data da Criação: 10/12/2014 – Data do Depósito: 02/03/2015

**Figura 19:** Solicitação de registro de marca GestureChess.

Instituto Nacional da Propriedade Industrial  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Nº do Processo: **909054460**



Pgo	Protocolo	Data	Img	Serviço	Cliente
✓	850150041618	02/03/2015	-	389	Fundação Universidade Federal de São Carlos

Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

### 4.3. GESTUREMAPS

O aplicativo GestureMaps permite ao usuário interagir em 360 graus com um ambiente gerado a partir de imagens reais providas pela ferramenta *Google Street View* do *Google*

*Maps*. O usuário controla a navegação do ambiente virtual utilizando gestos pré-definidos por meio do sensor de reconhecimento de gestos kinect. A Figura 20 apresenta a interface do aplicativo GestureMaps. Para sua utilização, primeiramente deve-se definir o local que se deseja fazer o tour virtual e com o usuário colocado à frente do Kinect, é iniciado o rastreamento e a captura das coordenadas espaciais das articulações do usuário.

**Figura 20:** Execução do GestureMaps



**Fonte:** Figura elaborada pelo autor

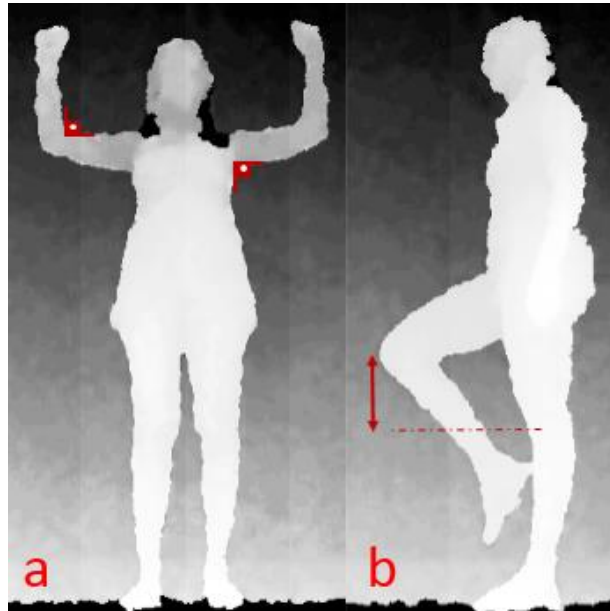
#### **4.3.1. METODOLOGIA GESTUREMAPS**

Kober et al., (2013) recriou em ambiente virtual parte da cidade de Graz (Austria) para explorar o treinamento virtual um pacientes neurológicos (AVC) que sofriam com a desorientação espacial. Os pacientes controlavam a interface com um joystick, fornecendo comandos manuais para frente, direita e esquerda, e assim, estimulado sua memória espacial se deslocavam pela cidade virtual.

No caso do GestureMaps, para iniciar o rastreamento do usuário é necessário que este permaneça na posição ortostática, com 90° de abdução de ombro e 90° de flexão de cotovelo, apresentada na figura 21a. O aplicativo é controlado por gestos corporais pré-determinados, de modo que para avançar no mapa virtual é necessário que o usuário simule uma caminhada, com flexão de quadril e joelho correspondente ao deslocamento mínimo de 15 centímetros

entre a posição inicial e final da patela (marcha estacionária figura 21b). Para modificar a direção de navegação do mapa é necessário o movimento de rotação do tronco para direita ou esquerda, de acordo com a exploração geográfica desejada.

**Figura 21:** Rastreamento corporal posição (a), marcha estacionária posição (b).



**Fonte:** Figura elaborada pelo autor

O funcionamento do GestureMaps pode ser descrito em alguns passos:

- Inicialização da Aplicação e Dispositivo: neste estado a aplicação é executada, inicializando a interface, que apresenta o *Google Street View* em segundo plano; neste estado o dispositivo kinect também é inicializado;
- Tela de Navegação: este estado é responsável apresentar os campos de entrada da aplicação. Os campos de entrada permitem ao usuário selecionar o local que ele deseja realizar a navegação, de primeira instância é apresentado locais de grande apelo turístico, o usuário também pode digitar o endereço previamente conhecido para a navegação;
- Detecção do Usuário: o rastreamento do usuário começa a ser realizado no momento que o aplicativo identifica a posição *Psi* (em pé, com os braços levantados);
- Processa o Gesto Corporal: neste estado é realizada a verificação dos gestos do usuário. Os gestos rastreados permitem simular uma caminhada no *Google Street View*

levantando-se os joelhos (marcha estacionária) e, por meio da rotação de tronco, é possível alterar o campo de visão para esquerda e direita; e

- Navegação: a aplicação realiza a navegação de acordo com os gestos efetuados pelo usuário. A partir deste estado é possível explorar o ambiente ou escolher outro local.

### **4.3.2. GESTUREMAPS NA PRÁTICA CLÍNICA**

#### **4.3.2.1. Desorientação espacial**

Desorientação espacial é um estado confusional caracterizado segundo Pitta, (2001) por diminuição do grau da clareza de consciência, prejuízo da concentração, lentidão da compreensão, dificuldade de percepção e elaboração das impressões sensoriais, com prevalência em hospitais gerais que varia entre 10% e 30% dos pacientes idosos. Classificado na forma clínica de delirium, o estado confusional é classificado pela sigla CID – 10 como Transtornos Mentais e do Comportamento. Tal transtorno causa perplexidade do paciente em relação ao ambiente e as pessoas do convívio familiar, ocasionando lentidão das respostas solicitadas, e está associado a alterações de memória, com diminuição do registro de novas informações, aprendizados e conseqüentemente com o ato de recordar. Ocorre prejuízo global das funções psíquicas e predomínio da perturbação da consciência com presença de hiperatividade ou lentidão psicomotora.

Tal recurso computacional permite ao usuário explorar a vizinhança de sua casa por meio de gestos motores que reproduzem os movimentos da caminhada. Este recurso pode ser utilizado em períodos noturnos uma vez que, frequentemente, ocorre mudanças no ciclo sono-vigília deste paciente; esta ação pode proporcionar segurança ao paciente para explorar virtualmente os locais mais visitados por ele a partir de um computador convencional instalado em seu próprio quarto.

#### **4.3.2.2. Transtorno de Movimento**

O movimentar-se está essencialmente relacionado à interação do homem com o seu meio e sua capacidade de sociabilização, frequentemente alterado por processos legítimos da senescência. A doença de Parkinson é um transtorno do movimento caracterizado por distúrbios neurológicos inerentes aos gânglios da base, sede das manifestações motoras, que acomete regularmente indivíduos de elevada faixa etária e módico desempenho cognitivo. As atividades físicas recomendadas para a melhora da qualidade de vida de pessoas com

Parkinson pressupõem a manutenção e/ou aumento da mobilidade, do equilíbrio e da flexibilidade concomitante a atenuação de anomalias do tônus muscular e de movimentos involuntários.

Os desenvolvedores avaliaram a fidedignidade dos movimentos dos membros inferiores em relação ao controle gestual do aplicativo GestureMaps e propõem sua utilização em pacientes que apresentam desorientação espacial, visando reduzir esta desorientação e diminuir a dificuldade do paciente em reconhecer o ambiente a ser explorado, sua utilização também é proposta em pessoas com Parkinson de modo a incentivar o treinamento do início do movimento da marcha, subjungando o congelamento da marcha (freezing of gait), e a prevenção da marcha festinante.

#### **4.3.3. PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO**

##### **A) PROPOSTAS DE PESQUISA EM COLABORAÇÃO GESTUREMAPS**

- Projeto: TESTE DE MARCHA ESTACIONÁRIA COM USO DE DISPOSITIVO DE REALIDADE VIRTUAL: UMA ALTERNATIVA AO TESTE DE CAMINHADA DE SEIS MINUTOS. Laboratório de Fisioterapia Respiratória (Departamento de Fisioterapia - UFSCar).

##### **B) TRABALHOS APRESENTADOS: GESTUREMAPS**

- BRANDÃO AF, BRASIL GJC, DIAS DRC, TREVELIN LC. Paradigm shift in human interaction with Virtual Reality environments. In: VIII Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana – Motriz. Journal of Physical Education. 19:3 (Supl.) pg. S361, 2013. ISSN 1980-6574;
- BRANDÃO AF, BRASIL GJC, DIAS DRC, TREVELIN LC. GestureMaps: perspectivas para a desorientação espacial. In: IV International Colloquium of Gerontology – FMRP / USP. 46 (Supl. 4): 27, 2013. ISSN 0076-6046;
- BRANDÃO, AF; Brasil, GJC; Dias, DRC; Trevelin, LC. Realidade Virtual aplicada ao transtorno do movimento. In: III Jornada de Estudos da Doença de Parkinson, 2014, Instituto de Biociências / UNESP, Rio Claro.
- BRASIL GJC, BRANDÃO AF, DIAS DRC, PARIZOTTO NA, TREVELIN LC.



Natural User Interface Applied for Spatial Disorientation and Movement Disorder: GestureMaps. In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 1:72-76, 2014. ISBN 978-85-87937-20-9.

#### 4.3.4. PEDIDO DE REGISTRO DE SOFTWARE E MARCA GESTUREMAPS

Publicação de Pedido de Registro de Programa de Computador GestureMaps: Revista da Propriedade Intelectual (RPI), número 2318, página 178, publicada em 09/06/2015 – Despacho 080.

Processo INPI Software: BR 51 2014 001376-6 (figura 22)

Data da Criação: 01/03/2013 – Data do Depósito: 19/11/2014

Regime de Guarda: SIGILO ATÉ 19/11/2024

**Figura 22:** Solicitação de registro de software GestureMaps.

Instituto Nacional da Propriedade Industrial  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Consulta à Base de Dados do INPI

[ Início | Ajuda? ]  
Anterior 3/4 Próximo

» Consultar por: Pesquisa Base Programas | Finalizar Sessão

**Programa de Computador**

Nº do Pedido: **BR 51 2014 001376 6**  
 Data do Depósito: 19/11/2014  
 Linguagem: JAVA  
 Campo de Aplicação: CO-02 / ED-06 / SD-01 / SD-04 / SD-06  
 Tipo Programa: ET-01 , ET-02 , FA-01 , IT-02 , TI-01  
 Título: GESTUREMAPS - GESTURE'S  
 Nome do Titular: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
 Nome do Autor: ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO / GUSTAVO JORDAN CASTRO BRASIL / LUIS CARLOS TREVILIN  
 Nome do Procurador: JULIANA VISIOLI CANTO

Pgo	Protocolo	Data	Img	Serviço	Cliente	Delivery	Data
✓	020140034487	19/11/2014	-	722	Fundação Universidade Federal de São Carlos		-

RPI	Data RPI	Despacho	Complemento do Despacho
2318	09/06/2015	080	

Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

Processo INPI Marca: 909054410 (figura 23)

Data da Criação: 10/12/2014

Data do Depósito: 02/03/2015

**Figura 23:** Solicitação de registro de marca GestureMaps



Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

#### 4.4. REHABGESTURE

O estudo do movimento angular do corpo humano exige parâmetros cinemáticos, tal como a Amplitude de Movimento (ADM). A coordenação motora de um indivíduo permite movimentos precisos principalmente por meio de contração dinâmica (isotônica), em que a força desenvolvida pelo músculo é maior ou menor do que a resistência. Isto permite o controle do movimento contra a gravidade (contração concêntrica) ou a favor da gravidade (ação muscular excêntrica). A figura 24 mostra a primeira versão do RehabGesture onde são apresentados os valores de ADM.

**Figura 24:** Execução do RehabGesture.



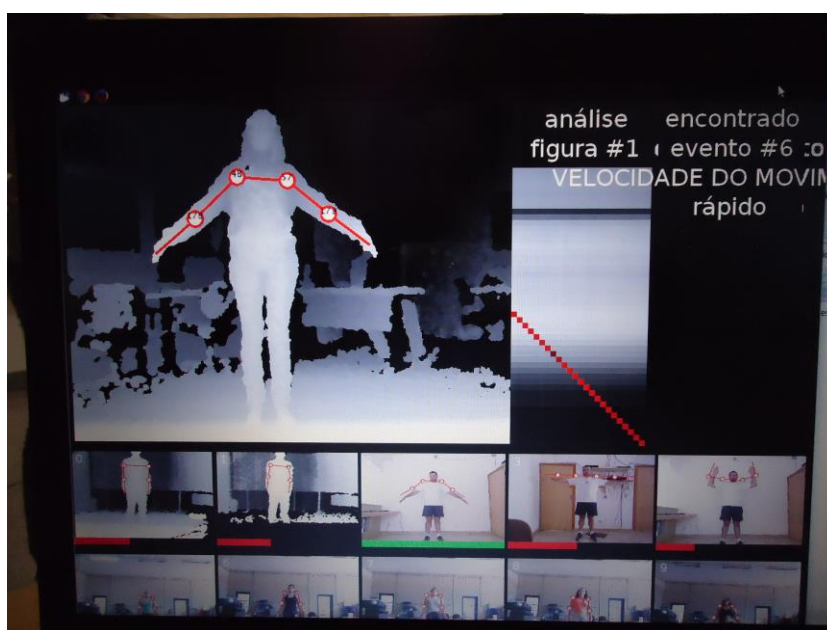
Fonte: Figura elaborada pelo autor

O aplicativo RehabGesture permite a mensuração no plano lateral/coronal da ADM da articulação do cotovelo de 0 (zero) graus de extensão até 145 graus de flexão e do movimento de abdução da articulação glenoumeral (acrescido dos movimentos da cintura escapular) de até 180 graus de amplitude, partindo da posição ortostática. O movimento de abdução passa por três estágios: 1º estágio – 0 a 60 graus é realizado unicamente pela articulação do ombro; o 2º estágio – 60 a 120 graus é realizado pela articulação do ombro com participação da escapulotorácica (dependente das articulações esternoclavicular e acromioclavicular) e o 3º estágio – 120 a 180 graus que associa a inclinação do tronco as articulações descritas anteriormente.

#### 4.4.1. METODOLOGIA REHABGESTURE

A atual versão do RehabGesture (figura 25) foi baseado no software de código aberto KineticSpace, (2014) com o registro em tempo real das medidas de ADM das articulações dos ombros e dos cotovelos no plano coronal. O KineticSpace é uma software que permite a gravação e o reconhecimento de gestos a partir de um sensor Kinect, fornecendo feedback visual que permite ao usuário identificar se um gesto é o mesmo movimento que foi previamente padronizada, apesar dessa característica, o KinectSpace não apresenta os valores de ADM em tempo real.

**Figura 25:** Execução do RehabGesture 2.



**Fonte:** Figura elaborada pelo autor

Considerando o aspecto interativo, o software FFAST (do inglês *Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit*) é um middleware para facilitar a interação do usuário com os ambientes de RV por meio de um sensor Kinect. O usuário pode implementar gestos motores como sinais de entrada (*input*) e determinar os botões do mouse ou as teclas do teclado como sinais de saída (*output*). Isso permite que o usuário controle o computador a partir de gestos motores, mesmo que o usuário não possua habilidades de programação (FAAST, 2014; SUMA et al., 2013). Da mesma forma que o KinectSpace, o middleware FFAST não mostra os valores de ADM em tempo real, enfatizando a inovação apresentada pelo RehabGesture.

A tabela 2 mostra os valores de ADM registrados em 30 Hz (frames por segundo), apenas alguns valores são mostrados para ilustrar a função deste registro. As colunas da tabela representam o Ângulo do Ombro Direito (AOD), Ângulo do Cotovelo Direito (ACD), Ângulo do Ombro Esquerdo (AOE) e Ângulo do Cotovelo Esquerdo (ACE).

**Tabela 2:** Os dados de ADM são registrados em planilhas de acordo com o tempo desejado e estão separadas por articulação (ombro/cotovelo) e lado (direito/esquerdo).

Frame	AOD	ACD	AOE	ACE
1	28.32	171.69	22.75	178.2
2	28.39	171.92	22.45	178.64
4	28.38	171.85	21.78	176.63
8	28.61	171.48	21.62	176.58
10	28.77	169.32	22	174.06
15	60.65	161.19	63.27	159.39
20	84.89	159.68	85.38	161.46
25	93.46	163.05	87.72	160.39
30	94.02	161.36	87.65	158.62

**Fonte:** Tabela elaborada pelo autor

O aplicativo oferece uma opção aos especialistas da área da saúde acerca do estudo do movimento humano (cinesiologia), representa uma alternativa de baixo custo sendo um recurso de avaliação não invasivo e estimula o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas relativas a cinesiologia. A próxima versão do RehabGesture deverá ampliar a aquisição de dados para as outras articulações do corpo humano, tais como quadril e joelho, além de incluir a medição da ADM no plano sagital.

#### 4.4.2. PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO: Trabalhos apresentados RehabGesture

- BRANDÃO AF, BRASIL GJC, DIAS DRC, CAMARGO PR, PARIZOTTO NA, TREVELIN LC. Software para análise da amplitude de movimento dos membros superiores no plano coronal. In: V Congresso de Ciência do Desporto e IV Seminário Internacional de Ciência do Desporto, pg. 172, 2014. ISBN 978-85-99688-19-9.
- BRANDÃO, AF; ALMEIDA, SRM; MIN, LL; PARIZOTTO, NA; CASTELLANO, G; TREVELIN, LC. Software for Measuring the Amplitude of Arm Movement in Stroke Patients. In: 2nd Cepid BRAINN Congress (Neurotechnology) – UNICAMP. Journal of Epilepsy and Clinical Neurophysiology (JECN) 2015, 21(2):46-77. ISSN: 1676-2649.

#### 4.4.3. PEDIDO DE REGISTRO DE SOFTWARE E MARCA REHABGESTURE

Publicação de Pedido de Registro de Programa de Computador GestureMaps: Revista da Propriedade Intelectual (RPI), nº 2318, pg 178, publicada em 09/06/2015 – Despacho 080.

Processo INPI Software: BR 51 2015 000130-2 (figura 26)

Data da Criação: 01/05/2014 – Data de Depósito: 20/02/2015

Regime de Guarda: SIGILO ATÉ 01/05/2019

**Figura 26:** Solicitação de registro de software RehabGesture.

Instituto Nacional da  
**Propriedade Industrial**  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Consulta à Base de Dados do INPI

[ Início | Ajuda? ]  
1/4 Próximo

» Consultar por: Pesquisa Base Programas | Finalizar Sessão

---

**Programa de Computador**

Nº do Pedido: **BR 51 2015 000130 2**  
Data do Depósito: 20/02/2015  
Linguagem: PROCESSING  
Campo de Aplicação: CO-02 / ED-06 / SD-01 / SD-04 / SD-06  
Tipo Programa: FA-01 , IT-02 , TI-01  
Título: REHAB GESTURE  
Nome do Titular: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
Nome do Autor: ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO / GUSTAVO JORDAN CASTRO BRASIL / LUIS CARLOS TREVELIN / NIVALDO ANTONIO  
Nome do Procurador: MARCELO FERRO GARZON

Petições ?							
Pgo	Protocolo	Data	Img	Serviço	Cliente	Delivery	Data
✓	020150003848	20/02/2015	-	722	Fundação Universidade Federal de São Carlos		-

Publicações ?			
RPI	Data RPI	Despacho	Complemento do Despacho
2325	28/07/2015	080	

Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

Processo INPI Marca: 909054541

Data da Criação: 10/12/2014 – Data do Depósito: 02/03/2015

**Figura 27:** Solicitação de registro de marca RehabGesture.

Instituto Nacional da  
**Propriedade Industrial**  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Nº do Processo: **909054541**



Pgo	Protocolo	Data	Img	Serviço	Cliente
✓	850150041629	02/03/2015	-	389	Fundação Universidade Federal de São Carlos

Fonte: INPI <http://www.inpi.gov.br/pedidos-em-etapas/acompanhe>

\* O capítulo 5 (próximas 21 páginas – incluindo obrigatoriamente as referências no formato original) é um artigo original publicado na Revista Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada, v.4, p. 33-48, Maio/2014. BRANDÃO, Alexandre Fonseca et al. Realidade Virtual e Reconhecimento de Gestos Aplicado as Áreas da Saúde.

## **5 REALIDADE VIRTUAL E RECONHECIMENTO DE GESTOS APLICADO AS ÁREAS DE SAÚDE**

---

---

### ***Abstract***

*This paper provides solutions of interaction devices integrated applications in virtual environments which support the areas of health focused on the physically active entertainment (against sedentary lifestyle) and rehabilitation of neuromuscular and musculoskeletal diseases. Virtual Reality is investigated in the context of prevention of muscle atrophy and increase of the cognitive reserve through increased motor tasks and neurostimulation of different areas of the cerebral cortex, associated with general motor control and sensory and visual stimulus.*

### ***Resumo***

*Este trabalho apresenta soluções de aplicações integradas a dispositivos de interação em ambientes virtuais para dar suporte às áreas da saúde voltadas ao entretenimento fisicamente ativo (combate ao sedentarismo) e à reabilitação de enfermidades neuromusculares e musculoesqueléticas. A Realidade Virtual é explorada no contexto da prevenção de atrofia muscular e aumento da reserva cognitiva por meio do aumento das tarefas motoras e da neuroestimulação de diferentes áreas do córtex cerebral, associados ao controle motor geral e aos estímulos sensoriais e visuais.*

## 5.1. Introdução

No cenário de crescente sedentarismo e inatividade física atual [Hallal et al., 2012; Malta e Silva, 2012; Das e Horton, 2012], a cultura e o estilo de vida são considerados estratégicos na prevenção e promoção da saúde. Atualmente existem tecnologias para jogos digitais que utilizam ambientes de Realidade Virtual (RV) que, além de ampliar alguns de nossos sistemas sensoriais, contribuem para a manutenção do condicionamento físico do indivíduo e possibilitam a reabilitação de pacientes com doenças neuromusculares. Esses jogos digitais podem assegurar aos usuários uma forma não-convencional (sem utilizar teclado e mouse) para interagir com ambientes virtuais por meio de interfaces gestuais, de forma intuitiva, fisicamente ativa e essencialmente lúdica. Assim, a utilização desta tecnologia pode colaborar no combate ao sedentarismo, proporcionando uma mudança de paradigma na interação das jovens com ambientes virtuais e incorporar técnicas específicas para reabilitação cognitiva e funcional.

Considerando a cultura e o estilo de vida como estratégias de prevenção e promoção de saúde, almejam-se atividades que recrutem grandes grupos musculares, como os músculos dos membros inferiores, de modo que ocorra intensa circulação sanguínea e, conseqüente, o aumento de gasto energético durante a realização de tal atividade. Um exemplo são os movimentos corporais que simulam a caminhada, foco do aplicativo GestureMaps [Brandão et al., 2013], detalhado posteriormente, o qual contempla estas exigências.

Os membros superiores, por sua vez, são extremamente solicitados para interação com interfaces gestuais e, frequentemente, atrofiados devido à menor utilização acima do nível dos ombros. Ou seja, os movimentos articulares necessários para as diversas tarefas no cotidiano dificilmente contemplam toda a amplitude de movimento desta articulação, induzindo a atrofia muscular nesta região durante o processo de senescência do indivíduo, o que torna a busca de novas técnicas de fortalecimento e reabilitação para o complexo articular do ombro um grande interesse social. Os aplicativos GestureChess [Dias et al., 2013], GesturePuzzle [Brasil et al., 2011] e GestureChair [Brandão et al., 2013] serão apresentados dentro desta perspectiva.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o uso de aplicações de RV voltadas à saúde; a Seção 3 apresenta o uso de aplicações de RV que abrangem problemas relacionados à atividade física e à neurociência, além de destacar a Interface



Natural de Usuário e o conceito de jogos voltados à reabilitação; a Seção 4 apresenta alguns dispositivos de entrada utilizados em aplicações voltadas à reabilitação, tais como o Kinect e algumas interfaces baseadas em estímulos cerebrais; a Seção 5 apresenta o conjunto de aplicações Gesture's, as quais utilizam os conceitos apresentados no decorrer deste capítulo; e a Seção 6 conclui e apresenta perspectivas para o tema.

## **5.2. Realidade Virtual e Aplicações nas Áreas da Saúde**

A RV tem sido utilizada como meio de reabilitação e avaliação física em geral [De Mauro et al., 2010; Paolini et al., 2013; Li e Sun, 2009] de modo mais intenso ao longo dos últimos anos. Isto se deve à popularização dos consoles, os quais unem aos jogos digitais a interação por meio de gestos motores, como o sensor de reconhecimento de gestos Kinect (Microsoft®).

Brasil e Guimarães (2011) apresentaram a aplicação KiPuzzle, a qual destaca o cansaço físico como fator limitante ao tempo de interação do usuário com a interface não convencional baseada em gestos, evidenciando que um maior grau de fortalecimento da musculatura do complexo articular do ombro poderia colaborar com o tempo de interação dos usuários desta tecnologia, como as iminentes Smart TVs.

De Mauro et al. (2010) apresentaram o projeto Hyper (Hybrid Neuroposthetic and Neurorobotic devices for Functional Compensation and Rehabilitation of Motor Disorders), o qual focou no desenvolvimento de uma aplicação de RV combinada com uma interface de entrada Neurobótica, voltada à reabilitação motora de pacientes que sofreram um Acidente Vascular Cerebral (AVC).

Paolini et al. (2013) apresentaram uma aplicação de RV integrada ao dispositivo Kinect. A aplicação teve o intuito de validar um método de posicionamento e orientação do pé em tempo real, utilizando o sistema de rastreamento fornecido pelo Kinect. Os autores utilizaram como aplicação o treinamento dos movimentos relativos à marcha.

No entanto, o uso de interfaces de entrada não convencionais vai além do uso apenas de dispositivos comerciais relacionados aos consoles. Connelly et al. (2010), por exemplo, desenvolveram uma luva pneumática denominada PneuGlove, a qual é utilizada no processo de reabilitação após AVC. Eles ofereceram aos pacientes um ambiente virtual bidimensional

que permite sua exploração e a simulação do gesto de preensão manual contando com a assistência da PneuGlove para a extensão após a flexão dos dedos. Golomb et al. (2010) afirmam que ambientes virtuais utilizados para telerreabilitação podem melhorar a função dos membros superiores, especificamente mão e antebraço em adolescentes com paralisia cerebral hemiplégica.

### **5.3. Realidade Virtual, Neurociência e Atividade Física**

Atualmente têm-se buscado estratégias inovadoras para melhorar a função motora, como por exemplo, a reabilitação do membro superior do paciente que sofreu um AVC. Para retreinar o movimento de indivíduos com limitações cognitivas e físicas, Rose et al. (2005) utilizaram aplicações de RV para simular situações próprias do cotidiano por meio de estímulos multissensoriais.

Laver et al. (2011) avaliou o efeito do tratamento utilizando aplicações de RV na recuperação da função cognitiva, da marcha, do equilíbrio e das atividades de vida diárias (AVDs) em pacientes que sofreram um AVC. Os resultados apontam que ainda faltam evidências que demonstrem respostas significativas com relação ao uso de RV, quando estas são comparadas com as respostas obtidas na terapia convencional. Porém, quando considerado apenas o tratamento de membro superior, estudos indicam melhores resultados na reabilitação da função motora e funcional quando a terapia convencional é associada à terapia com RV.

Turolla et al. (2013) demonstraram a efetividade da RV associada à terapia convencional no tratamento do membro superior em pacientes que sofreram um AVC em diferentes níveis de gravidade motora. O aumento do feedback obtido na realização da própria tarefa pode facilitar a reaquisição da habilidade motora comprometida. Além disso, a possibilidade de modificar as características do cenário virtual pode tornar as sessões de reabilitação mais atrativas e agradáveis.

Chang et al. (2011) apontaram o uso do dispositivo de rastreamento corporal Kinect na reabilitação de crianças com paralisia cerebral e atrofia muscular. Também utilizando uma aplicação com interface semelhante, Ustinova et al. (2011) demonstraram que o uso do reconhecimento de gestos aumentou a coordenação postural do braço em pacientes com

traumatismo cranioencefálico.

Mirelman et al. (2011) utilizaram o treino de marcha com esteira e RV em pacientes com doença de Parkinson, almejando avaliar a marcha e as habilidades em tarefas complexas. O ambiente virtual consistiu de um ambiente “outdoor” com diferentes tipos de obstáculos, com os quais o paciente não podia colidir, exigindo atenção, seleção de resposta e o processamento dos vários estímulos visuais envolvidos no processo da percepção. Após o treinamento houve melhora significativa na velocidade, tempo e comprimento do passo.

Kubicki et al. (2014) investigaram se o uso de aplicações de RV poderia melhorar a realização de AVDs, principalmente a coordenação entre movimentos gerais e a postura de idosos. Após três semanas, o estudo revelou melhora significativa no controle das mãos, na velocidade para realizar tarefas e no ajuste postural antecipatório. Esses resultados sugerem que algum nível de reaprendizagem motora é mantido em indivíduos idosos com reserva funcional baixa.

### **5.3.1. Interface Natural de Usuário**

A constante evolução dos componentes eletrônicos dos computadores, como processadores centrais e gráficos, memórias entre outros, abriram espaço, também, para à evolução das interfaces de usuário e dispositivos de entrada. Devido à evolução após o lançamento dos computadores pessoais, as interfaces de entrada tiveram sua evolução centrada no usuário com o objetivo de chegar a uma interface intuitiva e natural.

Segundo Weiyuan Liu (2010), as interfaces computacionais começaram a ser desenvolvidas na década de 1960. Neste período, existiam apenas máquinas com teclados semelhantes aos de máquinas datilográficas, acrescidos de algumas teclas de funções. Neste mesmo período surgiram os terminais de vídeo, denominados consoles, utilizados por operadores de sistema e programadores.

Na busca do melhor entretenimento, a indústria tem focado nos últimos anos em desenvolver uma interface natural e realista para seus produtos, surgindo assim novos dispositivos de entrada para a plataforma de consoles (video-games). Esses dispositivos reconhecem movimentos estáticos e dinâmicos classificando-os em gestos para uso específico. Este tipo de interface de entrada é conhecida como Interface Natural de Usuário (NUI, do inglês Natural User Interface). A NUI é o termo comum usado por designers e

desenvolvedores de interfaces de computador, quando estes querem referir-se à interação com o computador de um modo efetivamente invisível, ou que torna-se invisível com sucessivas interações realizadas [Gnecco, 2012].

Segundo Wigdor (2011), a NUI não é uma interface natural, mas sim uma interface que permite que o usuário aja e sinta-a como se fosse natural. Uma boa interpretação de NUI é mudando a forma de dizer "interface natural", na qual ela não é definida como sendo uma interface natural de usuário, mas sim uma interface de usuário natural.

Segundo Gnecco (2012), as interfaces mais comuns utilizam dispositivos de controle artificial, cujo aprendizado é realizado por meio de dispositivos com botões, tais como teclado ou controle de video-game, cuja a curva de aprendizagem pode ser alta. Contudo, a NUI possui como características de interface, apenas a exigência que o usuário seja capaz de interagir com o ambiente por meio de interações previamente já conhecidas, como por exemplo, gestos e voz. A interface também exige aprendizagem, porém é facilitada, pois não exige que o usuário seja apresentado a um novo dispositivo.

### **5.3.2. Jogos de Reabilitação – *Serious Games***

O termo game ou jogo pode ser determinado e classificado de várias formas, mas geralmente é utilizado para definir uma competição física ou mental, que utiliza um conjunto de regras artificiais com um objetivo a ser alcançado de forma lúdica, na maioria das vezes para entretenimento dos jogadores. No caso dos jogos digitais, ou video-games, podem ser caracterizados por aplicações baseadas em computação gráfica com foco na diversão do usuário. Os video-games atualmente são desenvolvidos para várias plataformas, tais como computadores, consoles e smartphones. Entretanto, cada plataforma difere em características, tais como capacidade de processamento, interface visual e de entrada, o que tende a influenciar o usuário [Machado et al. 2009].

Os jogos digitais são geralmente projetados para simular aspectos da realidade e/ou ficção, entretanto, os serious games são desenvolvidos para abordar aspectos de treinamento, e não apenas visando o entretenimento. Segundo Machado et al. (2009), os primeiros serious games surgiram na década de 80, impulsionados pelos simuladores militares desenvolvidos pelos Estados Unidos.

Segundo Zyda (2005), os serious games visam simular as situações práticas do cotidiano,

com o objetivo de proporcionar o treinamento de profissionais em situações de risco extremo e em treinamentos voltados a aprendizagem nas áreas da educação, formação empresarial, saúde, políticas públicas entre outras. Na computação, o termo serious games é tratado como sendo aplicações baseadas em computação gráfica, desenvolvidas e praticadas em ambientes virtuais que possuem sistemas de interação baseados em diversas interfaces de entrada. Essas aplicações também podem ser classificadas na indústria como sendo uma sub-categoria de video-games.

Chagas et al. (2012) demonstraram que é altamente recomendado que trabalhadores possam dispor de tecnologia para treinar determinado gesto motor de modo contínuo a partir de serious games. Assim, no ambiente proposto, os operadores são expostos a várias circunstâncias nas quais eles podem exercitar seu conhecimento sobre determinado trabalho e aprender com situações adversas.

Neste contexto, as aplicações desta modalidade de jogos digitais encontram terreno fértil em situações de reabilitação músculo-esquelética e neurofuncional, onde o tratamento convencional, apesar de eficaz, é por vezes considerado extenuante e enfadonho para o paciente, o que aumenta os casos de interrupção momentânea e até a desistência do processo de tratamento e reabilitação. Assim, as áreas da saúde são, de modo geral, carentes de desenvolvimento nacional de serious games que atendam especificamente nossa população, considerando as características individuais dos usuários, ao invés de depender da importação de soluções já padronizadas para outra realidade e população.

#### **5.4. Soluções e Dispositivos**

A interação em aplicações de RV é uma das mais importantes de suas características, pois auxilia no processo de imersão do usuário. Os dispositivos de interação utilizados em aplicações de RV tem evoluído, não ficando apenas restrito a dispositivos não convencionais, tais como luvas de dados e rastreadores.

##### **5.4.1. Dispositivo PrimeSense - Kinect**

Os dispositivos de rastreamentos por câmera têm sido uma das atuais abordagens

utilizadas como meio de interação pela indústria de games, e de estudos relacionados à NUI [Gnecco et al. 2012]. Um exemplo proeminente é o dispositivo Microsoft® Kinect. Ele foi lançado como um sensor de movimento para o console Xbox 360, uma interface para usuário, a qual utiliza gestos e voz como meio de interação com os jogos. No entanto, o dispositivo tem sido explorado e aplicado em outras áreas fora do entretenimento, sendo um dispositivo altamente difundido no meio de aplicações que necessitem utilizar rastreamento corporal.

O dispositivo Microsoft Kinect é composto por vários componentes eletrônicos que fazem dele um sensor de movimento para captura de gestos em tempo real. Os componentes são: uma câmera RGB, um sensor de profundidade, um vetor de microfones, um motor de inclinação e um acelerômetro de três eixos. A interface de conexão do sensor é USB, padrão 2.0, o que permite que ele seja utilizado no desenvolvimento de aplicações computacionais. A Figura 28 apresenta o dispositivo e seus componentes.

**Figura 28:** Dispositivo Microsoft® Kinect.



**Fonte:** Google imagens.

#### **5.4.2. Interfaces Cérebro Máquina**

Adicionalmente aos sistemas descritos, existe uma discussão recente na literatura científica sobre o fato de sistemas de interface cérebro-máquina (BCI, do inglês brain-computer interface) possuírem potencial para auxiliar na reabilitação de pacientes com deficiências motoras, particularmente as resultantes de lesões no sistema nervoso central (SNC) devidas ao AVC [Birbaumer e Cohen, 2007; Pfurtscheller et al., 2008; Daly e Wolpaw, 2008; Soekadar, Birbaumer e Cohen, 2011; Grosse-Wentrup, Mattia e Oweiss, 2011]. Há inclusive, alguns poucos casos em que a função motora foi restaurada com o auxílio de BCIs, com taxas de sucesso variadas, como p.ex., [Caria et al., 2011; Fok et al., 2011].

Os BCIs são sistemas que captam e interpretam sinais cerebrais de modo a permitir o controle de aparelhos externos. Estes aparelhos podem ser, p. ex., um teclado, um cursor numa tela de computador, um braço robótico ou uma cadeira de rodas. Os sistemas BCI surgiram inicialmente com o intuito de fornecer um meio de comunicação a pacientes com deficiências motoras severas (pacientes no estado “trancado”, ou “locked-in”, que perderam todo o controle motor), e para comandar neuropróteses (ou seja, próteses acopladas ao sistema neural). No entanto, além dessas aplicações, usos recentes desses sistemas envolvem neurofeedback em jogos de computador e controle de dispositivos diversos para qualquer tipo de usuário.

O desenvolvimento de um sistema BCI requer, num primeiro momento, a definição da técnica a ser usada para a medida dos sinais cerebrais, e a estratégia usada para a geração destes sinais. Estas estratégias consistem na forma de geração dos sinais cerebrais, captados por um sistema BCI, os quais podem ser gerados de forma involuntária, como resposta a um dado estímulo sensorial, ou de forma voluntária, baseados em pensamentos específicos engendrados pelo usuário.

Várias técnicas de aquisição de sinais cerebrais têm sido usadas em sistemas BCI, como a eletroencefalografia (EEG), a eletrocorticografia (ECoG), as sondas neurais, a ressonância magnética funcional (fMRI, de functional magnetic resonance imaging), a magnetoencefalografia (MEG) e a espectroscopia óptica (NIRS, de near-infrared spectroscopy). Segundo a técnica usada, o sistema BCI pode ser portátil (EEG, NIRS) ou estacionário (fMRI, MEG); invasivo (sondas neurais), parcialmente invasivo (ECoG) ou não invasivo (fMRI, EEG, MEG, NIRS); baseado em sinais de natureza elétrica, relacionados diretamente aos disparos neuronais (sondas neurais, ECoG, EEG, MEG), ou baseado em sinais de natureza hemodinâmica, relacionados ao metabolismo e oxigenação do sangue cerebral decorrentes da ativação neuronal (fMRI, NIRS).

Sinais cerebrais usados em BCI podem ser gerados de forma involuntária, como resposta a um dado estímulo sensorial, ou de forma voluntária, baseados em pensamentos específicos engendrados pelo usuário. No primeiro caso, exemplos são os sistemas BCI baseados em potenciais evocados visuais (SSVEP, de steady-state visual evoked potential) e os baseados no potencial evocado P300. SSVEPs são variações específicas que ocorrem no sinal de EEG provindo do córtex visual quando uma pessoa é sujeita a um estímulo visual que pisca com uma determinada frequência. Nesse caso, é possível identificar um aumento na amplitude do sinal de EEG na frequência correspondente à frequência do estímulo. Dessa forma, é possível

montar uma interface de estimulação em que diferentes opções para o usuário (p. ex., diferentes direções que uma cadeira de rodas pode seguir) piscam com diferentes frequências. Já o P300 consiste de um potencial com uma forma de onda específica, que aparece no traçado de EEG por volta de 300 milissegundos após o acontecimento de um evento de baixa probabilidade, no qual o usuário está focado. Neste caso, a interface de estimulação geralmente consiste em opções “apagadas”, que “acendem” (ou brilham) de forma aleatória – o usuário foca a atenção na opção desejada, e quando “acende”, seu cérebro dispara o P300 (com um atraso de 300 milissegundos). Ambos estes tipos de sistemas são chamados de sistemas síncronos, pois necessitam de um dispositivo externo para estimular a geração do sinal cerebral, que fica sincronizado com o estímulo.

No segundo caso, de geração voluntária de sinais cerebrais, o exemplo mais explorado em sistemas BCI é o de imaginação de movimento. Quando uma pessoa imagina a execução de um dado movimento, a resposta cerebral, tanto em termos dos sinais de EEG, quanto dos mapas de ativação obtidos com fMRI, é muito similar à resposta que se obteria para a execução real do movimento. O córtex motor é uma área cerebral bem localizada e mapeada; em particular, o lado esquerdo do córtex motor comanda os membros do lado direito, e vice-versa. Portanto, usando fMRI é relativamente simples identificar o membro (p. ex., a mão, ou pé) que executou (ou que se imaginou executar) o movimento. No caso dos sinais de EEG, ocorre um fenômeno chamado de dessincronização relacionada a evento (ERD, de event-related desynchronization): quando uma pessoa realiza um movimento (ou se imagina realizando este), o sinal de EEG do córtex motor contralateral ao movimento, na banda de frequências “ $\alpha$ ” (8 a 13 Hz), diminui sua amplitude, o que fica bem nítido pela diminuição do pico correspondente no espectro de Fourier do sinal. Dessa forma, diferentes opções do sistema podem estar associadas à imaginação de movimento de diferentes membros (os mais usados são: mão direita, mão esquerda, pés e língua). Este tipo de sistema é geralmente chamado de assíncrono, já que, em princípio, não necessita de um dispositivo externo para guiar a geração dos sinais.

As aplicações de BCIs para pacientes citadas acima são aplicações do tipo “assistivas”, que visam, de alguma forma, melhorar a qualidade de vida do paciente, permitindo que ele recupere funcionalidades perdidas (comunicação, locomoção etc.). No entanto, como já mencionado, recentemente tem se discutido bastante a potencialidade do uso de sistemas BCI em aplicações “restaurativas”, que visam auxiliar a restauração da função motora no SNC de pacientes incapacitados [Daly e Wolpaw, 2008; Soekadar, Birbaumer e Cohen, 2011]. Neste



caso, os sistemas usados são os BCIs baseados em imaginação de movimento, descritos acima. Essa discussão se baseia em que a melhor forma de restaurar a função motora cerebral consiste em induzir uma atividade cerebral que por sua vez, induzirá a plasticidade cerebral. Plasticidade cerebral é a propriedade do cérebro de se remodelar, ou rearranjar suas sinapses. No cérebro sadio, é a responsável pela sedimentação de novos conhecimentos e aprendizados; no cérebro doente, pode remapear funções perdidas devido a lesões em outras áreas cerebrais.

Duas estratégias utilizando este tipo de BCIs têm sido pensadas. Uma ideia é usar o BCI para auxiliar a melhorar a produção dos sinais cerebrais relacionados ao movimento, ou seja, para treinar o cérebro a normalizar estes sinais. Espera-se nesse caso, que ao influenciar uma plasticidade cerebral que produza sinais cerebrais mais normais, a função cerebral normal também seja restaurada, melhorando o controle motor. A outra ideia consiste em fazer o processo reverso, ou seja, usar o BCI para produzir sinais que movimentem um dispositivo externo (neuroprótese) que auxilie o movimento do membro incapacitado. A “normalização” da função motora induziria uma subsequente plasticidade cerebral que levaria à restauração do controle motor [Daly e Wolpaw, 2008].

Um ponto interessante é que um estudo desenvolvido pelos principais grupos de pesquisa em BCI do mundo sugere que a restauração motora pode ser ainda mais eficaz quando o sistema BCI é combinado com ambientes virtuais imersivos, que permitem que o usuário interaja de forma mais natural com esse sistema [Future BNCI, 2012]. Embora já existam vários trabalhos que usam ambientes de realidade virtual para reabilitação, e outros que combinam ambientes virtuais com BCIs, o desenvolvimento de sistemas de reabilitação acoplando BCIs a ambientes de realidade virtual ainda está em seu estágio inicial em termos de pesquisas, com pouquíssimos trabalhos na área (ver, p. ex., [Ortner et al. 2012]).

## **5.5. Aplicações práticas**

Com as atuais possibilidades de interação e soluções a partir do reconhecimento de gestos apresentadas na seções anteriores, foram desenvolvidos e aplicados alguns estudos no Laboratório de Visualização Imersiva, Interativa e Colaborativa (LaVIIC) os quais são apresentados nesta seção. Em todas as aplicações o dispositivo utilizado como interface de entrada é o Microsoft® Kinect.

### 5.5.1. Realidade Virtual e Desorientação Espacial

Segundo Pitta (2001), a desorientação espacial é um estado confusional caracterizado pelo prejuízo da concentração, lentidão da compreensão, dificuldade de percepção e elaboração das impressões sensoriais, com prevalência em hospitais gerais que varia entre 10% e 30% dos pacientes idosos. Classificado na forma clínica de delirium, o estado confusional é classificado pela sigla CID – 10 (Classificação Internacional de Doenças – 10) como Transtornos Mentais e do Comportamento. Tal transtorno causa perplexidade do paciente em relação ao ambiente e às pessoas do convívio familiar, ocasionando lentidão das respostas solicitadas, e está associado a alterações de memória, diminuindo a capacidade de registro de novas informações, aprendizados e, conseqüentemente, o ato de recordar. Ocorre também o prejuízo global das funções psíquicas e predomínio da perturbação da consciência com presença de hiperatividade ou lentidão psicomotora.

A aplicação denominada GestureMaps (Figura 29) tem o intuito de prover a exploração virtual, espacial e geográfica por meio da ferramenta Google® StreetView que possui uma galeria de fotos panorâmicas em 360 graus em pipeline à nível de rua. O usuário define o local que deseja explorar inserindo o endereço desejado e experimenta uma maior sensação de imersão através de uma paralaxe de navegação ao longo da rua reproduzida no ambiente virtual.

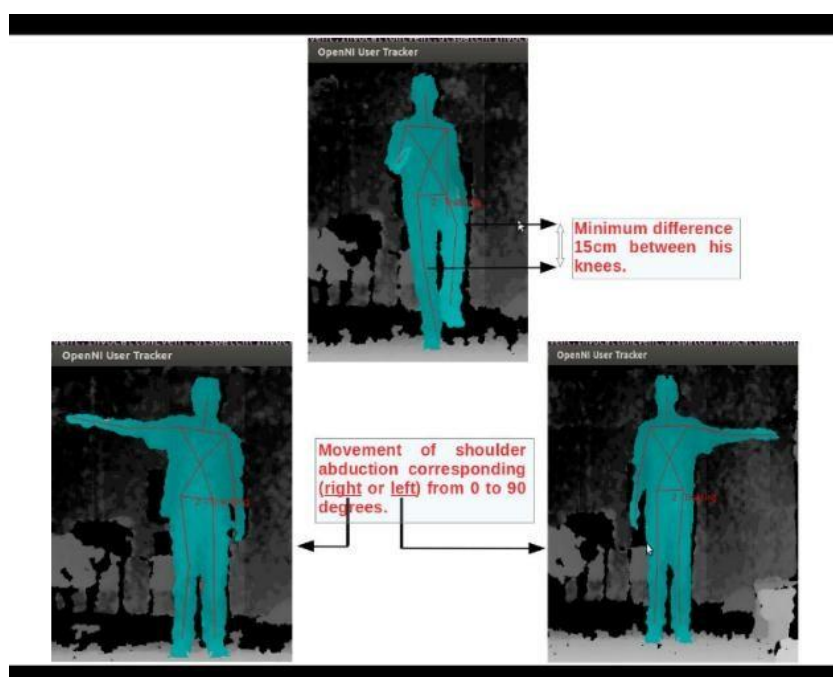
**Figura 29:** Exemplo de uso do aplicativo GestureMaps.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

A aplicação tem seu controle implementado por gestos pré determinados (Figura 30), de modo que para avançar no ambiente virtual é necessário que o usuário simule uma caminhada, com flexões de quadril e joelho correspondentes ao deslocamento mínimo de 15 centímetros entre a posição inicial e final da patela (osso livre da articulação do joelho). A mudança de direção durante a navegação no Google StreetView é realizada por meio do movimento de rotação do tronco, ou de abdução do ombro correspondente (direito ou esquerdo), em um intervalo entre 0 e 90 graus.

**Figura 30:** Gestos de comando do GestureMaps.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

### 5.5.2. Realidade Virtual e Dupla Tarefa: Gesture Chess

A realização de atividade motora e cognitiva, simultânea, é denominada tarefa dupla. Tal ação presume o recrutamento muscular de diferentes segmentos corporais e a estimulação de diferentes áreas do córtex cerebral, associadas ao controle motor geral e aos estímulos sensoriais e visuais. Este recrutamento muscular, associado à sobrecarga mental, possui potencial para otimizar, desde as habilidades relacionadas ao equilíbrio de idosos, até o aumento da reserva cognitiva em adultos, jovens e crianças. Acredita-se que tal reserva esteja associada à incidência de patologias neurodegenerativas, como as doenças de Parkinson e Alzheimer.

O estudo de desenvolvimento e implementação do GestureChess (Figura 31) teve como objetivo desenvolver uma aplicação para o controle de um jogo de xadrez, visando explorar o conceito de Dual Task a partir de movimento dos membros superiores, com estimulação cognitiva e motora.

**Figura 31:** Exemplo de uso do aplicativo GestureChess.



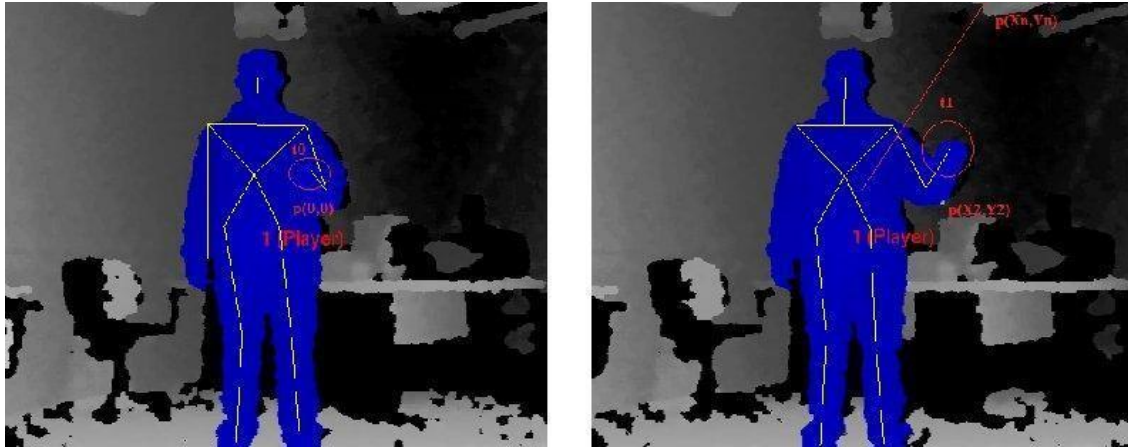
**Fonte:** Elaborada pelo autor.

O controle da aplicação é realizado por meio de movimentos realizados pela mão do usuário. Para controle nos eixos X e Y, são previamente descritos os movimentos. O primeiro de push (clique), o qual cria virtualmente coordenadas espaciais 0,0, sendo que, a partir deste ponto, é possível associar os movimentos da mão rastreada às coordenadas do mouse.

Na Figura 32(a) é ilustrado o posicionamento inicial do rastreamento, onde os valores para X e Y são 0, o que permite que o ponteiro fique imóvel. No passo em que a mão é movimentada, o ponteiro também será; no entanto, para que o jogo possa ser utilizado por pessoas com diferentes capacidades motoras, um método para incrementar a posição do ponteiro foi implementada. Na Figura 32(b) é apresentado o posicionamento incremental nas posições  $X_n$  e  $Y_n$ , o qual é variado de acordo com a velocidade imposta pela mão. Assim, mesmo que as mãos estejam paradas em  $X_2$  e  $Y_2$ , a posição do cursor continuará a ser incrementada, tendendo à  $X_n$  e  $Y_n$ , permitindo que jogadas sejam executadas em todo o tabuleiro, mesmo que o usuário possua limites na amplitude do movimento. Para que o ponteiro volte a ficar imóvel, o usuário deve reposicionar sua mão no  $p(0,0)$ . A partir deste controle é possível simular um clique no espaço sobre a peça que o usuário deseja

movimentar, e outro clique sobre o local onde esta peça deverá ser reposicionada.

**Figura 32:** Rastreamento inicial(a) e final(b) que demonstra uma das possibilidades para incrementar a posição do ponteiro.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

### 5.5.3. Realidade Virtual e Reabilitação do Membro Superior: GestureChair / GesturePuzzle

O complexo articular do ombro é classificado como uma articulação diartrodial (livremente móvel), do tipo esferóide multiaxial ou enartrodial, o qual possui três graus de liberdade e larga amplitude de movimento com rotação nos três eixos ortogonais X, Y e Z [Sacco e Tanaka 2008; Zatsiorsky 2004]. Apesar de esqueleticamente fraca, devido à frouxidão da cápsula fibrosa que envolve tal articulação, os três ligamentos glenomeriais (superior, médio e inferior) reforçam sua estrutura em conjunto com as extensões provenientes dos tendões dos músculos: peitoral maior e redondo maior [Thompson e Floyd 2002].

O estudo do desenvolvimento da aplicação GesturePuzzle teve como foco a implementação de uma interface de controle de um jogo de quebra-cabeça (Figura 33) por meio do movimento das mãos. O usuário tem em seu ambiente virtual peças separadas de imagens em ordem aleatória, em que o objetivo é executar o movimento e ordenar as peças. O movimento natural de segurar e soltar as peças é reproduzido para alcançar a realidade, permitindo que o usuário explore livremente a articulação do ombro em todos os planos de movimento (coronal, sagital e transversal).

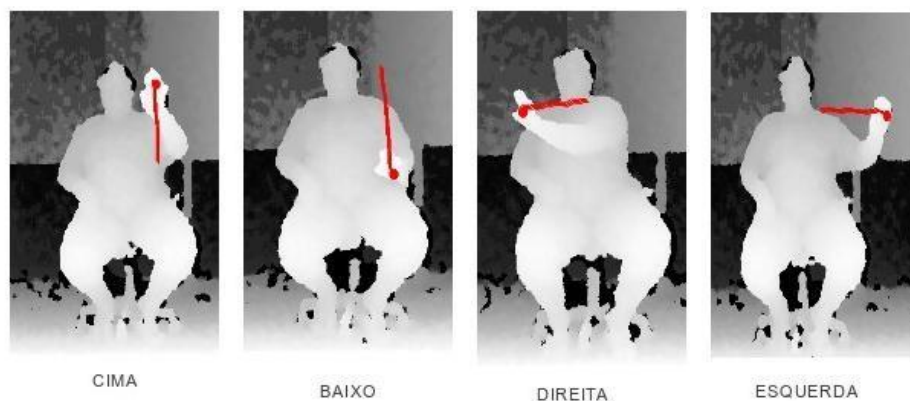
**Figura 33:** Exemplo do aplicativo GesturePuzzle.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

O aplicativo GestureChair tem o objetivo de proporcionar às pessoas, que possuem seus movimentos restritos à parte superior do corpo, uma forma de interagir com o ambiente virtual (uma versão livre do jogo PacMan, denominada KapMan), a partir da posição sentada. O usuário controla o personagem do jogo com movimentos manuais, o reconhecimento da mão do usuário ocorre a partir do gesto wave (movimento similar ao tchau), e controla o jogo com movimentos manuais rápidos (Figura 34) denominados swipe (para cima, baixo, direita ou esquerda). A partir deste ponto o programa reconhece cada gesto e permite ao usuário controlar o jogo. Caso o usuário não fizer o movimento swipe rápido o suficiente, o programa não interpreta nenhum gesto, prevenindo o reconhecimento de gestos indesejáveis, o que poderia tornar o controle do jogo inviável.

**Figura 34:** Gestos de comando do GestureChair.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

## **5.6. Conclusões e Perspectivas**

As pesquisas que combinam atividade física e RV são animadoras, apontando resultados promissores em diversas situações relativas às áreas da saúde. É necessário aumentar o número de estudos randomizados, controlados e com amostra representativa da população, no sentido de evidenciar a tecnologia disponível e criar novas terapias baseadas em RV que possam complementar o processo de reabilitação, bem como consolidar a eficácia do tratamento a médio e longo prazo.

O conjunto de aplicações *Gesture's* tem como objetivo geral prover uma forma de interação com a máquina por meio de gestos motores, os quais incrementam a atividade física diária e demandam maior gasto energético quando comparado à interação convencional (mouse e teclado), possibilitando uma mudança de paradigma na forma de Interação Humano-Computador a médio e longo prazo.

Em trabalhos futuros, as aplicações apresentadas na seção 5 (*Gesture's*) serão integradas a alguns dos dispositivos BCI, visando explorar os efeitos relativos à neuromodulação, situações de aprendizagem motora e desempenho cognitivo durante a prática de atividade física convencional e/ou no contexto da reabilitação amparada por RV.

## **5.7. Referências**

- Birbaumer, N and Cohen, LG. (2007) “Brain–computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis”, *J Physiol* 579(3): 621–636.
- Brandão, AF; Brasil, GJC; Dias, DRC; Trevelin, LC. (2013) “*GestureMaps*: Perspectivas para a desorientação espacial”, In: IV International Colloquium of Gerontology, *Revista do Hospital das Clínicas da FMRP – USP*, 46(4): 25, Ribeirão Preto.
- Brandão, AF; Soares, MC; Brasil, GJC; Dias, DRC; Fabbro, AC; Duarte, ACGO; Trevelin, LC. (2013) “Prevenção de atrofia muscular da articulação glenoumeral por meio de atividade física adaptada a realidade virtual e reconhecimento de gestos”, In: *Simpósio Sesc de Atividades Físicas Adaptadas*, São Carlos.

- Brasil, GJC e Guimarães, MP. (2011) “Um jogo de quebra-cabeça para interface natural de usuário”, In: XIX Congresso de Iniciação Científica da UFSCar, São Carlos.
- Chagas, JFS; Neto, FMM; Bonates, MF; Brasil, IS; Lima, RM (2012) “Um Jogo para Treinamento de Operadores de Sondas de Perfuração Terrestre”, 28(1).
- Chang, YJ; Chen, SF; Huang, JD. (2011) “A Kinect-based system for physical rehabilitation: a pilot study for young adults with motor disabilities”, Res Dev Disabil. 32(6): 2566–2570.
- Caria, A; Weber, C; Brötz, D; Ramos, A; Ticini, LF; Gharabaghi, A; Braun, C; Birbaumer, N. (2011) “Chronic stroke recovery after combined BCI training and physiotherapy: A case report”, Psychophysiol 48: 578–582.
- Connelly, L; Jia, Y; Toro, ML; Stoykov, ME; Kenyon, RV; Kamper, DG. (2010) “A Penumatic glove and immersive virtual reality environment for hand rehabilitative training after stroke”, IEEE – Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 18(5).
- Daly, JJ; Wolpaw, JR. (2008) “Brain–computer interfaces in neurological rehabilitation”, The Lancet Neurol 8: 1032-1043.
- Das, P. and Horton, R. (2012) “Rethinking Our Approach to Physical Activity”, The Lancet, 380: 189-190,  
[http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS01406736\(12\)61024-1/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS01406736(12)61024-1/fulltext)  
Acessado em Março de 2014.
- De Mauro, A; Carrasco, E; Oyarzun, D; Ardanza, A; Paloc, C; Gil, A; Florez, J. (2010) “Virtual Reality System in Conjunction with Neurorobotics and Neuroprosthetics for Rehabilitation”, In: Information Technology and Applications in Biomedicine (ITAB), 10th IEEE International Conference.
- Dias, DRC; Brandão, AF; Guimaraes, MP; Brega, JRF; Brasil, GJC; Trevelin, LC. (2013) “GestureChess - Interface Natural de Usuario na Atividade Motora e Cognitiva”, In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, Jataí.
- Fok, S; Schwartz, R; Wronkiewicz, M; Holmes, C; Zhang, J; Somers, T; Bundy, D; Leuthardt, E. (2011) “An EEG-based brain computer interface for rehabilitation and restoration of hand control following stroke using ipsilateral cortical physiology”,



- 33rd Annual Int Conf IEEE EMBS, 6277-6280.
- Future BNCI (2012) “A road map for future directions in brain/neuronal computer interaction research”, Future BNCI Project, [http://www.brainable.org/Documents/Future\\_BNCI\\_Roadmap.pdf](http://www.brainable.org/Documents/Future_BNCI_Roadmap.pdf) Acessado em Março de 2014.
- Gnecco, BB; Dias, DRC; Brasil, GJC; Guimarães, MP. (2012) “Desenvolvimento De Interfaces Naturais De Interação Usando O Hardware Kinect” In: Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada, 2: 37-62.
- Golomb, MR; McDonald, BC; Warden, SJ; Yonkman, J; Saykin, AJ; Shirley, B; Huber, M; Rabin, B; Abdelbaky, M; Nwosu, ME; Barkat-Masih, M; Burdea, GC. (2010) “In-Home Virtual Reality Videogame Elerehabilitation in Adolescents With Hemiplegic Cerebral Palsy”. Arch Phys Med Rehabil 91(1): 1-8.
- Grosse-Wentrup, M; Mattia, D; Oweiss, K. (2011) “Using brain–computer interfaces to induce neural plasticity and restore function”, J Neural Eng 8: 5, Article ID 025004.
- Hallal, PC; Bauman, AE; Heath, GW; Kohl, HW; Lee, IM; Pratt, M. (2012) “Physical Activity: More of the Same is Not Enough”, The Lancet, 380: 190-191, [http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(12\)61027-7/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(12)61027-7/fulltext) Acessado em Março de 2014.
- Kubicki, A; Bonnetblanc, F; Petrement, G; Mourey, F. (2014) “Motor-prediction improvements after virtual rehabilitation in geriatrics: frail patients reveal different learning curves for movement and postural control”, Neurophysiol Clin. 44(1):109-118.
- Laver, KE; George, S; Thomas, S; Deutsch, JE; Crotty, M. (2011) “Virtual reality for stroke rehabilitation”. Cochrane Database Syst Rev. 9: CD008349.
- Li, S. and Sun, J. (2009) "Application of Virtual Reality Technology in the Field of Sport," Education Technology And Computer Science, ETCS '09. First International Workshop, 2: 455-458.
- Machado, LS; Moraes, RM; Nunes, FLS. (2009). “Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo”, In: Fátima L. S. Nunes; Liliane S. Machado; Márcio S. Pinho; Cláudio Kirner. (Org.). Abordagens Práticas de Realidade Virtual e Aumentada.

- Porto Alegre: SBC, 31-60.
- Malta, D.C. and Silva, J.B. (2012) “Policies to Promote Physical Activity in Brazil”, The Lancet, 380: 195-196, [http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(12\)61041-1/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(12)61041-1/fulltext) Acessado em Março de 2014.
- Mirelman, A; Maidan, I; Herman, T; Deutsch, JE; Giladi, N; Hausdorff, JM. (2011) “Virtual reality for gait training: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson’s disease?”, J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 66(2): 234–240.
- Ortner, R; Irimia, DC; Scharinger, J; Guger, C. (2012) “Brain-Computer Interfaces for stroke rehabilitation: evaluation of feedback and classification strategies in healthy users”, 4th IEEE RAS/EMBS Int Conf Biomed Robotics Biomechatronics, 219-223.
- Paolini, G; Peruzzi, A; Mirelman, A; Cereatti, A; Gaukrodger, S; Hausdorff; Della Croce, U. (2013) “Validation Of a Method For Real Time Foot Position and Orientation Tracking with Microsoft Kinect Technology For Use in Virtual Reality and Treadmill Based Gait Training Programs”, In: IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 99: 1.
- Pfurtscheller, G; Müller-Putz, GR; Scherer, R; Neuper, C. (2008) “Rehabilitation with brain-computer interface systems”, IEEE Comp Mag 41: 58–65.
- Pitta, J.C.N. (2001) “Diagnóstico e conduta dos estados confusionais”, Psiquiatria na prática médica. Departamento de Psiquiatria - UNIFESP/EPM 34(4), [http://www2.unifesp.br/dpsiq/polbr/ppm/atu2\\_07.htm](http://www2.unifesp.br/dpsiq/polbr/ppm/atu2_07.htm) Acessado em Março de 2014.
- Rose, FD; Brooks, BM; Rizzo, AA. (2005) “Virtual reality in brain damage rehabilitation: review”, Cyberpsychol Behav. 8(3): 241–262.
- Sacco, I.C.N.; Tanaka, C. “Cinesiologia E Biomecânica Dos Complexos Articulares”. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2008. Cap. 2.
- Soekadar, SR; Birbaumer, N; Cohen, LG. (2011) “Brain-computer-interfaces in the rehabilitation of stroke and neurotrauma”, In: Kenji Kansaku (ed), Systems-Neuroscience and Rehabilitation, Springer, Tokyo.
- Thompson, C.W.; Floyd, R.T. “Manual De Cinesiologia Estrutural”. Barueri: Editora Manole, 2002. Cap. 4 e 5.

- Turolla, A; Dam, M; Ventura, L; Tonin, P; Agostini, M; Zucconi, C. (2013) “Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial”, *J Neuroeng Rehabil.* 10: 85.
- Ustinova, KI; Leonard, WA; Cassavaugh, ND; Ingersoll, CD. (2011) “Development of a 3D immersive videogame to improve arm-postural coordination in patients with TBI”. *J Neuroeng Rehabil.* 8: 61.
- Weiyuan, L. (2010) “Natural User Interface - Next Mainstream Product User Interface”: *Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design (CAIDCD)*, IEEE 11th International Conference, 1: 203-205.
- Wigdor, D. and Wixon, D. “Brave Nui World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture”. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc. 2011.
- Zatsiorky, V.M. “Biomecânica No Esporte: Performance do Desempenho e Prevenção de Lesão”, Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. S.A. 2004, Cap. 2 E 24.
- Zyda, M. (2005) “From Visual Simulation to Virtual Reality to Games”, In: *Computer*, 38(9): 25-32.

## 6 CONCLUSÃO

---

---

O desenvolvimento das interfaces gestuais obtidas neste trabalho contemplam amplas aplicações nas áreas da saúde, todas beneficiadas por um estilo de vida fisicamente ativo; entre elas, destacam-se diversas áreas do conhecimento que identificaram possibilidades reais de ganho com a utilização dos resultados (*GestureCollection*) em situações de interação humano computador fisicamente ativo, terapias de reabilitação neuromotora e em ambientes de ensino e aprendizagem voltados a educação especial e convencional.

Evidencia-se como real contribuição deste manuscrito a acessibilidade em ambiente de Realidade Virtual e a Interação Humano Computador por meio de gestos motores a partir do recrutamento muscular em diferentes velocidade e amplitudes de movimento e o treinamento da coordenação motora.

Em suma, o conjunto de ferramentas computacionais *GestureCollection* apresenta uma singular forma de interação com ambientes de Realidade Virtual por meio de gestos motores, com simultâneo estímulo cognitivo, os quais podem incrementar a atividade física e simular atividades de vida diária de modo a combater o sedentarismo quando comparado à forma de interação convencional, por meio de mouse e teclado, possibilitando uma mudança de paradigma na forma de Interação Humano Computador que deverá ser presenciada a médio e longo prazo, considerando a maturação da tecnologia em si e do tempo necessário para o usuário absorver a interação gestual na sua rotina.

Para perspectivas e desdobramentos futuros, indaga-se a comprovação do aumento da reserva cognitiva a partir do maior recrutamento das redes neurais, durante a realização de atividades físicas e cognitivas estimuladas durante a execução dos softwares desenvolvidos. Além de, a partir dos protótipos funcionais, oferecer a possibilidade de: 1º Abrir um canal de comunicação colaborativo entre o agente de saúde (especialista em cinesiologia) e o beneficiário (cliente/paciente) e 2º Desenvolver uma ferramenta colaborativa de educação, treinamento e reabilitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVIN. **avin2:** sensor Kinect. PrimeSense. Disponível em: <https://github.com/avin2/SensorKinect> Acesso em Outubro de 2013.
- BIRBAUMER, N AND COHEN, LG. **Brain-computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis.** J Physiol 579(3): 621–636, 2007.
- BRANDÃO AF, BRASIL GJC, DIAS DRC, ALMEIDA SRM, CASTELLANO G, TREVELIN LC. **Realidade Virtual e Reconhecimento de Gestos aplicada as Áreas de Saúde.** Tendência e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada. 4, 2014.
- BRANDÃO, AF; BRASIL, GJC; DIAS, DRC; TREVELIN, LC. **GestureMaps:** Perspectivas para a desorientação espacial, In: IV International Colloquium of Gerontology, Revista do Hospital das Clínicas da FMRP – USP, 46(4): 25, 2013.
- BRANDÃO, AF; SOARES, MC; BRASIL, GJC; DIAS, DRC; FABBRO, AC; DUARTE, ACGO; TREVELIN, LC. **Prevenção de atrofia muscular da articulação glenoumeral por meio de atividade física adaptada a realidade virtual e reconhecimento de gestos.** In: Simpósio Sesc de Atividades Físicas Adaptadas, São Carlos. 2013.
- BRASIL GJC, BRANDÃO AF, DIAS DRC, PARIZOTTO NA AND TREVELIN LC. **Natural User Interface Applied for Spatial Disorientation and Movement Disorder:** GestureMaps. In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada. 1, 2014.
- BRASIL, GJC E GUIMARÃES, MP. **Um jogo de quebra-cabeça para interface natural de usuário.** In: XIX CIC - UFSCar, São Carlos, 2011.
- CAMEIRÃO, MS. ET AL. **Neurorehabilitation using the virtual reality based Rehabilitation Gaming System:** methodology, design, psychometrics, usability and validation. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 7 (48): 1-14, 2010.
- CARIA, A; WEBER, C; BRÖTZ, D; RAMOS, A; TICINI, LF; GHARABAGHI, A; BRAUN, C; BIRBAUMER, N. **Chronic stroke recovery after combined BCI training and physiotherapy:** A case report. Psychophysiol 48: 578–582, 2011.
- CASALIS, M.E.P. Lesão Medular. In: TEIXEIRA, E., SAURON, F.N., SANTOS, L.S.B., OLIVEIRA, M.C. (org). **Terapia Ocupacional na reabilitação física**, SP:Roca. Cap. 4. Pg. 41-61, 2003.

CHAGAS, JFS; NETO, FMM; BONATES, MF; BRASIL, IS; LIMA, RM. **Um Jogo para Treinamento de Operadores de Sondas de Perfuração Terrestre**. HOLOS, 28(1), 2012.

CHANG, YJ; CHEN, SF; HUANG, JD. **A Kinect-based system for physical rehabilitation: a pilot study for young adults with motor disabilities**. Res Dev Disabil. 32(6): 2566–2570, 2011.

CONNELLY, L; JIA, Y; TORO, ML; STOYKOV, ME; KENYON, RV; KAMPER, DG. **A Penumatic glove and immersive virtual reality environment for hand rehabilitative training after stroke**. IEEE – Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 18(5), 2010.

DALY, JJ; WOLPAW, JR. **Brain–computer interfaces in neurological rehabilitation**. The Lancet Neurol 8: 1032-1043, 2008.

DAS, P. AND HORTON, R. **Rethinking Our Approach to Physical Activity**. The Lancet, 380: 189-190, 2012. Disponível em: [http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(12\)61024-1/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(12)61024-1/fulltext). Acesso em Março de 2014.

DE MAURO, A; CARRASCO, E; OYARZUN, D; ARDANZA, A; PALOC, C; GIL, A; FLOREZ, J. **Virtual Reality System in Conjunction with Neurorobotics and Neuroprosthetics for Rehabilitation**. In: Information Technology and Applications in Biomedicine (ITAB), 10th IEEE International Conference, 2010.

DIAS, DRC; BRANDÃO, AF; GUIMARAES, MP; BREGA, JRF; BRASIL, GJC; TREVELIN, LC. **GestureChess** - Interface Natural de Usuario na Atividade Motora e Cognitiva. In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, Jataí, 2013.

DIAS DRC, DURELLI RS, BREGA JRF, GNECCO BB, TREVELIN LC AND GUIMARÃES MP. **Data Network in Development of 3D Collaborative Virtual Environments: A Systematic Review**. In: The 14th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA). p. 769-785, 2014.

FAAST. **Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit**. Disponível em: <http://projects.ict.usc.edu/mxr/faast/>. Acesso em Novembro de 2014.

FOK, S; SCHWARTZ, R; WRONKIEWICZ, M; HOLMES, C; ZHANG, J; SOMERS, T; BUNDY, D; LEUTHARDT, E. **An EEG-based brain computer interface for**

**rehabilitation and restoration of hand control following stroke using ipsilateral cortical physiology.** 33rd Ann Int Conf IEEE EMBS, 6277-6280, 2011.

**FUTURE BNCI. A road map for future directions in brain/neuronal computer interaction research,** Future BNCI Project, 2012. Disponível em: [www.brainable.org/Documents/Future\\_BNCI\\_Roadmap.pdf](http://www.brainable.org/Documents/Future_BNCI_Roadmap.pdf). Acesso em Março de 2014.

**GLASS LIBRARY. Glass Library.** Disponível em: <http://sourceforge.net/projects/libglass/> Acesso em Novembro de 2014.

**GNECCO, BB; DIAS, DRC; BRASIL, GJC; GUIMARÃES, MP. Desenvolvimento De Interfaces Naturais De Interação Usando O Hardware Kinect.** In: Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada, 2: 37-62, 2012.

**GOLOMB, MR; MCDONALD, BC; WARDEN, SJ; YONKMAN, J; SAYKIN, AJ; SHIRLEY, B; HUBER, M; RABIN, B; ABDELBAKY, M; NWOSU, ME; BARKAT-MASIH, M; BURDEA, GC. In-Home Virtual Reality Videogame Elerehabilitation in Adolescents with Hemiplegic Cerebral Palsy.** Arch Phys Med Rehabil 91(1): 1-8, 2010.

**GREALY, MA. JOHNSON, DA. AND RUSHTON, SK. Improving cognitive function after brain injury:** The use of exercise and virtual reality. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, vol. 80, no. 6, pp. 661 – 667, 1999. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999399901697>. Acesso em Março de 2014.

**GROSSE-WENTRUP, M; MATTIA, D; OWEISS, K. Using brain–computer interfaces to induce neural plasticity and restore function,** J Neural Eng 8: 5, 2011 .

**GUIMARÃES, M.P.; MARTINS, V. F.; TREVELIN, L.C.; BRASIL, G.J. Um Modelo de Processo de Desenvolvimento de Interfaces de Gesto:** Definição e um Estudo de Caso. In: XXXVII Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI). Quito. p. 378-390, 2011.

**HALL, S.J. Biomecânica Básica.** Barueri: Editora Manole. 5a Ed. Cap. 7, 2009.

**HALLAL, PC; BAUMAN, AE; HEATH, GW; KOHL, HW; LEE, IM; PRATT, M. Physical Activity:** More of The Same is Not Enough. The Lancet, 380: 190-191, 2012. [http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(12\)61027-7/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(12)61027-7/fulltext). Acesso em Março, 2014.

**HOLDEN, MK. Virtual environments for motor rehabilitation:** review. Cyberpsychology and Behavior, vol. 8, no. 3, pp. 187–211, 2005.

HOLPER, L. MUEHLEMANN, T. SCHOLKMANN, F. ENG, K. KIPER, D. AND WOLF, M. **Testing the potential of a virtual reality neurorehabilitation system during performance of observation, imagery and imitation of motor actions recorded by wireless functional near-infrared spectroscopy (fnirs)**, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, vol. 7, no. 1, pp. 1–13, 2010.

KINECTSPACE. **Training, Analyzing and Recognizing 3D Gestures**. Disponível em: <https://code.google.com/p/kineticspace/>. Acesso em Maio de 2014.

KIRNER, C. AND SISCOOTTO, R. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicação**, ser. 1, C. Kirner and R. Siscoutto, Ed. Petrópolis: SBC, 2007.

KIZONY, R. KATZ, N. AND WEISS, PL. **Adapting an immersive virtual reality system for rehabilitation**. The Journal of Visualization and Computer Animation. 14:261-268, 2003.

KUBICKI, A; BONNETBLANC, F; PETREMENT, G; MOUREY, F. **Motor-prediction improvements after virtual rehabilitation in geriatrics: frail patients reveal different learning curves for movement and postural control**, Neurophysiol Clin. 44(1):109-118, 2014.

LAVIER, KE; GEORGE, S; THOMAS, S; DEUTSCH, JE; CROTTY, M. **Virtual reality for stroke rehabilitation**. Cochrane Database Syst Rev. 9, 2011.

LEE, JH. ET AL. **A Virtual Reality System for the Assessment and Rehabilitation of the Activities of Daily Living**. CyberPsychology & Behavior. 4: 383-388, 2003.

LI, S. AND SUN, J. **Application of Virtual Reality Technology in the Field of Sport**. Education Technology and Computer Science, ETCS '09. First International Workshop, 2: 455-458, 2009.

LIBFREENEKT. **OpenKinect**. Disponível em <https://github.com/OpenKinect/libfreenect> Acesso em Novembro de 2014.

LIU, W. **Natural user interface- next mainstream product user interface**. In: Computer-Aided Industrial Design Conceptual Design (CAIDCD), IEEE, 2010.

LUO, Z. LIM, C. CHEN, IM. AND YEO, S. **A virtual reality system for arm and hand rehabilitation**. Frontiers of Mechanical Engineering, vol. 6, no. 1, pp. 23–32, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11465-011-0202-6>. Acesso em Março de 2014.

MACHADO, LS; MORAES, RM; NUNES, FLS. **Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo**, In: Fátima L. S. Nunes; Liliane S. Machado; Márcio S. Pinho;



Cláudio Kirner. (Org.). *Abordagens Práticas de Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: SBC, 31-60, 2009.

MALONEY AE, THRELKELD KA, COOK WL. **Comparative effectiveness of a 12-week physical activity intervention for overweight and obese youth**: Exergaming with Dance Dance Revolution. *Games for health journal: Research, development and clinical applications*. 1:1-8, 2012.

MALTA, D.C. AND SILVA, J.B. **Policies to Promote Physical Activity in Brazil**, *The Lancet*, 380: 195-196, 2012. Disponível em: [http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(12\)61041-1/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(12)61041-1/fulltext). Acesso em Março de 2014.

MICROSOFT. **Developer sdk, toolkit documentation** — kinect for windows. Microsoft. Disponível em: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/develop/>. Acesso em Outubro de 2013.

MICROSOFT. **Kinect for windows** — voice, movement gesture recognition technology. Microsoft. Disponível em: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/http://www.openni.ru/files/nite/index.html>. Acesso em Outubro de 2013.

MIRELMAN, A; MAIDAN, I; HERMAN, T; DEUTSCH, JE; GILADI, N; HAUSDORFF, JM. **Virtual reality for gait training**: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson's disease?, *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 66(2): 234–240, 2011.

NITE. **NiTE middleware libraries**. <http://www.openni.ru/files/nite/index.html>. Acesso em Outubro de 2013.

OPENKINECT. **OpenKinect**. Available: <http://openkinect.org/wiki/MainPage>. Acesso em Outubro de 2013.

OPENNI. **Open-source sdk for 3D sensors**. Openni. Disponível em: <http://www.openni.org/>. Acesso em Outubro de 2013.

ORTHOINFO. **Common Shoulder Injuries** – American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2009. Disponível em: <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00327>. Acesso em de Março 2013.

ORTHOINFO. **Shoulder Surgery Exercise Guide** – American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2007. Disponível em: <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00067>. Acesso em de Março 2013.

ORTNER, R; IRIMIA, DC; SCHARINGER, J; GUGER, C. **Brain-Computer Interfaces for stroke rehabilitation**: evaluation of feedback and classification strategies in healthy users, 4th IEEE RAS/EMBS Int Conf Biomed Robotics Biomechatronics, 219-223, 2012.

PAOLINI, G; PERUZZI, A; MIRELMAN, A; CEREATTI, A; GAUKRODGER, S; HAUSDORFF; DELLA CROCE, U. **Validation Of a Method For Real Time Foot Position and Orientation Tracking with Microsoft Kinect Technology For Use in Virtual Reality and Treadmill Based Gait Training Programs**, In: IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 99: 1, 2013.

PFURTSCHELLER, G; MÜLLER-PUTZ, GR; SCHERER, R; NEUPER, C. (2008) **Rehabilitation with brain-computer interface systems**, IEEE Comp Mag 41: 58–65.

PITTA, J.C.N. **Diagnóstico e conduta dos estados confusionais**. Psiquiatria na prática médica. Departamento de Psiquiatria - UNIFESP/EPM 34(4), 2001. [http://www.unifesp.br/dpsiq/polbr/ppm/atu2\\_07.htm](http://www.unifesp.br/dpsiq/polbr/ppm/atu2_07.htm). Acesso em Julho de 2013.

PRIMESENSE. **3D sensors and natural interaction solutions**. PrimeSense. Disponível em: <http://www.primesense.com/>. Acesso em Outubro de 2013.

PRIMESENSE. **Nite 2.2.0.10** — OpenNi. PrimeSense. Disponível em: <http://www.openni.org/files/nite/>. Acesso em Outubro de 2013.

ROSE, FD; BROOKS, BM; RIZZO, AA. **Virtual reality in brain damage rehabilitation**: review. Cyberpsychol Behav. 8(3): 241–262, 2005.

SACCO, I.C.N.; TANAKA, C. **Cinesiologia e Biomecânica dos Complexos Articulares**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. Cap. 2, 2008.

SALVINI, T.F. **Movimento Articular**: Aspectos morfológicos e funcionais – Membro Superior. Barueri: Editora Manole. Vol. 1. Cap. 3, 2005.

SAURON, F.N. **Neurologia Adulto**. In: CAVALCANTI, A.; GALVÃO, C.(Org.). Terapia Ocupacional: fundamentação & prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. Cap. 20. p.204-215, 2007.

SHOTTON, J. FITZGIBBON, A. COOK, M. SHARP, T. FINOCCHIO, M. MOORE, R. KIPMAN, A. AND BLAKE, A. **Real-time human pose recognition in parts from single depth images**, 2011. Disponível em: <http://research.microsoft.com/pubs/145347/BodyPartRecognition.pdf>. Acesso em Março de 2013.

SPARKCHESS. **SparkChess**. (2013) Overview. Media Division. Disponível em: <http://www.sparkchess.com/>. Acesso em Julho de 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. **Comissões Especiais**. Disponível em [http://www.sbc.org.br/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=64&Itemid=55](http://www.sbc.org.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=64&Itemid=55). Acesso em Janeiro de 2015

SOEKADAR, SR; BIRBAUMER, N; COHEN, LG. **Brain-computer-interfaces in the rehabilitation of stroke and neurotrauma**, In: Kenji Kansaku, Systems-Neuroscience and Rehabilitation, Springer, Tokyo, 2011.

SUMA EA, KRUM DM, LANGE B, KOENIG S, RIZZO A, AND BOLAS M. **Adapting user interfaces for gestural interaction with the flexible action and articulated skeleton toolkit**. Computers & Graphics. 37(3):193–201, 2013.

SVEISTRUP, H. MCCOMAS, J. THORNTON, M. MARSHALL, S. FINESTONE, H. MCCORMICK, A. BABULIC, K. AND MAYHEW, A. **Experimental studies of virtual reality-delivered compared to conventional exercise programs for rehabilitation**. CyberPsychology Behavior, vol. 6, no. 3, pp. 245–249, 2003. Disponível em: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/109493103322011524>. Acesso em Fevereiro de 2014.

THOMPSON, C.W. and FLOYD, R.T. **Manual De Cinesiologia Estrutural**. Barueri: Editora Manole, 2002. Cap. 4 e 5.

TROBIA, J.; GAGGIOLI, A.; ANTONIETTI, A. **Combined use of music and virtual reality to support mental practice in stroke rehabilitation**. Journal of CyberTherapy & Rehabilitation. 4 (1): 57-61, 2011.

TUROLLA, A; DAM, M; VENTURA, L; TONIN, P; AGOSTINI, M; ZUCCONI, C. **Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial**, J Neuroeng Rehabil. 10: 85, 2013.

USTINOVA, KI; LEONARD, WA; CASSAVAUGH, ND; INGERSOLL, CD. **Development of a 3D immersive videogame to improve arm-postural coordination in patients with TBI.** J Neuroeng Rehabil. 8: 61, 2011.

WANG, CY.; HWANG, WJ.; FANG, JJ.; SHEU, CF.; LEONG, IF.; MA, HI. **Comparison of virtual reality versus physical reality on movement characteristics of persons with parkinson's disease:** Effects of moving targets. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, vol. 92, no. 8, pp. 1238 – 1245, 2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000399931100164X>. Acesso em Março de 2014.

WEIYUAN, L. **Natural User Interface - Next Mainstream Product User Interface:** Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design (CAIDCD), IEEE 11th International Conference. 1: 203-205, 2010.

WIGDOR, D. AND WIXON, D. **Brave Nui World:** Designing Natural User Interfaces For Touch And Gesture. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc. 2011.

ZATSIORKY, V.M. **Biomecânica no Esporte:** Performance do Desempenho e Prevenção de Lesão, Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. S.A. Cap. 2 E 24, 2004.

ZHANG, L. ET AL. **A Virtual Reality Environment for Evaluation of a Daily Living Skill in Brain Injury Rehabilitation:** Reliability and Validity. Arch Phys Med Rehabil. 84: 1118-1124, 2003.

ZYDA, M. **From Visual Simulation to Virtual Reality to Games**”, In: Computer. 38(9): 25-32, 2005.

## **APÊNDICE A – PROJETO DE PÓS DOUTORADO / UNICAMP**

Pesquisador: Alexandre Fonseca Brandão

Supervisora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gabriela Castellano

### **TÍTULO: APLICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE REALIDADE VIRTUAL PARA COMPLEMENTAR A TERAPIA CONVENCIONAL EM PACIENTES COM AVC E AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO UTILIZANDO CONECTIVIDADE CEREBRAL POR MEIO DE fMRI**

#### **RESUMO**

O acidente vascular cerebral (AVC) é a principal causa de incapacidade em longo prazo. O processo de recuperação motor pós-AVC é geralmente realizado por meio de sessões de fisioterapia convencional. Mais recentemente, exercícios utilizando Realidade Virtual (RV) têm sido usados para reabilitação. A RV é uma simulação interativa gerada por computador que imita e oferece aos usuários um ambiente artificial, incluindo informação sensorial semelhante à experiência do mundo real. Este projeto de pesquisa propõe: 1) Aprimorar e testar um conjunto de ferramentas de RV para serem usadas na reabilitação de pacientes com AVC isquêmico (AVCI); 2) Avaliar as sequelas neurológicas dos pacientes com AVCI, através das escalas de comprometimento neurológico e de incapacidades funcionais, e através da avaliação da conectividade cerebral; 3) Comparar a efetividade do tratamento da fisioterapia convencional acrescido do programa de RV versus fisioterapia convencional, nos pacientes com AVCI. Para o objetivo 1, serão incluídos até 50 indivíduos sadios maiores de idade, para irem testando as ferramentas à medida que elas forem sendo aprimoradas. Para os objetivos 2 e 3, serão incluídos 30 pacientes com diagnóstico clínico de AVCI, com hemiparesia, acima de 18 anos. Será um estudo prospectivo, randomizado controlado. Os pacientes serão divididos de maneira randômica em dois grupos de tratamento: 1) grupo controle – fisioterapia convencional versus 2) grupo teste – fisioterapia convencional acrescido da RV (GestureCollection). Todos os pacientes passarão por uma avaliação inicial (antes do início do tratamento) e uma avaliação após o término do tratamento. Nas duas avaliações, cada indivíduo será avaliado quanto ao comprometimento neurológico, independência nas atividades de vida diária, déficit motor, e equilíbrio. Serão 20 sessões onde

o grupo controle realizará 60 minutos de fisioterapia convencional e o grupo teste realizará 30 minutos de fisioterapia convencional mais 30 minutos com RV. Todos os indivíduos (sadios e pacientes) incluídos no estudo poderão realizar exames de eletroencefalografia (EEG), espectroscopia óptica (NIRS) e ressonância magnética (MRI), para avaliação da conectividade cerebral. Este projeto será realizado no contexto do CEPID BRAINN, financiado pela FAPESP, cujo principal objetivo é desenvolver novos métodos e técnicas para melhorar o entendimento sobre os mecanismos de dano, plasticidade e reparo em epilepsia e AVC, e aplicar esses resultados para melhorar o diagnóstico, prevenção e tratamento dessas doenças. O presente projeto contará com uma parceria entre o Grupo de Neurofísica e o Grupo de Neurovascular, ambos da UNICAMP, assim como com o Laboratório de Visualização Imersiva, Interativa e Colaborativa da UFSCar, e o Instituto de Pesquisas Eldorado.

Aprovação do Comitê de Ética – CAAE: 35771314.4.0000.5404

Número do Parecer: 806.434

Sub-Projeto Cepid BRAINN / FAPESP – <http://www.brainn.org.br/>

## APÊNDICE B – MANUSCRITO\* RESULTADO DO EXAME DE QUALIFICAÇÃO DO PPG-BIOTECNOLOGIA / UFSCAR

### Doping Genético: Evolução do Atleta ou Trapaça Biotecnológica

Brandão,AF

Os esportes são praticados nos contextos de lazer, integração social, competição ou busca por melhor qualidade de vida. Quando esta atividade se torna profissional, elementos sociais e econômicos entram em cena e distorcem a percepção dos limites de um estilo de vida saudável. Visando alcançar um nível de destaque, alguns atletas faltam com a honestidade e com a honra esportiva de competir em condições igualitárias com seus adversários. Para isto fazem uso de métodos e/ou substâncias que aumentam seu rendimento físico, seja para adquirir maior força, velocidade, flexibilidade, potência ou resistência. Esta trapaça é denominada pelos órgãos reguladores do esporte como doping, sendo geralmente associado as alterações bioquímicas do organismo a partir de substâncias sintéticas. Entretanto, uma nova modalidade de terapia que é objeto de pesquisa na área médica e é constituída das ferramentas mais modernas e tecnológicas para alterar essa bioquímica (metabolismo) do organismo, porém sem a necessidade de consumir as tais substâncias sintéticas, mas sim a partir da manipulação genética. Denominada terapia gênica, ela pode ser utilizada para fins de aumento de performance em atletas e caracterizar um novo tipo de fraude ou de vantagem competitiva conhecida por doping genético, o qual possui sua fundamentação na molécula da vida, o DNA. A descoberta da estrutura do DNA marcou o início da biologia molecular, permitindo assim o estudo da função do código genético. A descoberta da estrutura do DNA ocorreu após grande compreensão das características da matéria, ou seja, não só a proporção dos elementos químicos presentes nas substâncias mas também das partículas subatômicas que a compõem e como estas partículas interagem entre si. Já os estudos da função do DNA, apesar de parcial e em constante progresso, deram origem a uma nova área do conhecimento denominada biotecnologia, valendo-se de ferramentas de suporte à manipulação genética e consequentemente o controle parcial do metabolismo celular. Com toda esta tecnologia em um estágio avançado de desenvolvimento, a sociedade deverá presenciar nos próximos anos tanto a cura de doenças a partir da terapia gênica quanto o aumento da performance de superatletas. **Palavras-chave:** Doping nos Esportes. Treinamento. Ética. Sociedade.

\* Artigo (Position Paper) submetido à Revista Movimento, ISSN: 0104-754X.

## 1. INTRODUÇÃO

Os tecidos do corpo humano são constituídos de células com características semelhantes porém variam em complexidade, ou seja, estas células possuem um núcleo organizado e as mesmas organelas são especializadas em diversas funções, mas possuem expressão gênica parcial, o que distingue um tipo de célula de outro. Esta expressão gênica é responsável pela concentração de tipos diferentes de enzimas, proteínas estruturais ou funcionais que caracterizam as funções de determinado órgão e seus tecidos. A expressão é coordenada por um subconjunto de genes que respondem ao treinamento físico, as emoções que reproduzimos rotineiramente e a fatores ambientais como poluição e exposição constante a temperaturas extremas.

As características físicas, fisiológicas e metabólicas são diretamente relacionadas com as diferentes capacidades atléticas, as quais são fortemente determinadas por treinamento apropriado, motivação, nutrição e talento natural. Este último ligado a constituição genética do indivíduo, denominado genótipo, que prediz as características fenotípicas como altura, composição muscular (concentração e tipo de fibra), morfologia de órgãos e até no metabolismo (POKRYWKA, 2013).

Dias (2011) destaca que o potencial genético do indivíduo se realiza por meio de nutrição e treinamento apropriado, enfatizando que um aumento na síntese de enzimas oxidativas possa ser resultado do treinamento intenso e frequente de exercícios de resistência ou que a porcentagem de fibras musculares do Tipo IIa pode variar entre 60-80% dependendo se o indivíduo é não-atleta ou um *sprinter* de elite (corredor de curta distância e alta velocidade).

## 2. DOPING NO ESPORTE

O doping esportivo ocorre após o desenvolvimento de técnicas que permitem o tratamento de determinada doença, por exemplo a reposição hormonal masculina: 1) o hormônio testosterona, largamente usada em casos de doping no esporte (DE ROSE, 2008), foi recomendado para induzir um organismo em idade avançada à reduzir a degradação tecidual recorrente do próprio processo de senilidade; 2) o hormônio do crescimento, ao contrário, foi indicado para adolescentes em situações de desenvolvimento físico tardio ou abaixo da média da curva de crescimento. Em ambos os casos, tais terapias foram propostas



pela comunidade médica visando situar o organismo dentro de um padrão normal de desenvolvimento ou manutenção, entretanto as mesmas técnicas foram utilizadas por atletas a partir das décadas de 60 e 70 para superar a barreira do normal e assim exceder a performance de determinadas modalidades esportivas. No início os atletas usavam esteroides, depois eritropoietina (EPO), recentemente foi a vez do hormônio do crescimento (GH) e a partir de agora caminhamos em direção a terapia gênica (FRIEDMANN, 2010).

O doping contraria os princípios da ética no esporte e sua definição, de acordo com a Agência Mundial Antidoping (WADA, do inglês *World Antidoping Agency*), é categorizada em três situações: (1) o uso de substâncias ou métodos para aumentar artificialmente a performance de atletas, (2) o que pode ser nocivo a saúde de atletas e (3) o que é contrário ao espírito esportivo dos jogos (DE ROSE, 2011 e WADA, 2015).

Usualmente são coletadas amostras de urina e/ou de sangue para a realização dos testes relacionados as substâncias proibidas e a constatação da concentração de cada uma delas. Este controle pode ser feito em período de competição, realizado imediatamente após o fim da atividade competitiva (*in-competition*) ou pode ser realizado em qualquer momento durante os treinos, na casa do atleta e mesmo fora do período de competição (*out-of-competition*) durante os treinos entre as competições e até mesmo durante o período de férias dos atletas (BOGHOSIAN, 2001). Porém, nem todas as substâncias são analisadas nesta última situação, ficam de fora deste teste surpresa os estimulantes e entorpecentes, sendo priorizados agentes anabólicos, diuréticos e outras substâncias que podem mascarar a presença destes últimos (MAZZONI, 2011).

A lista de substâncias proibidas é atualizada anualmente em Outubro e passa a ter validade formal em Janeiro do ano seguinte. Apesar da proibição incorporar novas substâncias a cada ano, a lista sempre é divulgada com a seguinte menção: “*the use of any drug should be limited to medically justified indications*” ou em acordo com o artigo 4.2.2 do código da WADA (este artigo detalha as situações legais para o uso médico de determinada substância proibida de acordo com a lista vigente), permitindo que o rigor e a ética sejam priorizados em tratamentos médicos (DE ROSE, 2011 e WADA, 2015).

### **3. DOPING GENÉTICO NO ESPORTE**

Considerado pela WADA o futuro do doping no esporte, o doping genético representa

um atentado a integridade do esporte e a saúde dos atletas (WADA, 2008). A manipulação genética (terapia gênica) é definida pela agência como o uso não terapêutico de células, genes, elementos genéticos ou modulação de expressão genética, com capacidade de melhorar a performance atlética (WADA, 2005). Friedmann (2007) considera que as técnicas de terapia gênica são altamente experimentais e completamente inapropriadas no contexto esportivo, devendo ser restritas aos objetivos originais a que foram desenvolvidas, ou seja, voltadas a cura e o tratamento do câncer e de doenças neuro-degenerativas.

O ano de 2003, adotado pela agência como marco histórico em incluir o doping genético na lista de substâncias e métodos proibidos (WADA, 2005) se deve a perspectiva iminente da época à conclusão do Projeto Genoma Humano (HGP, do inglês *Human Genome Project*), concluído em Abril de 2003 e financiado por um consórcio público-privado nos Estados Unidos, liderado pela Instituto Nacional de Saúde (NIH, do inglês *National Institutes of Health*).

O Comitê dos Jogos Olímpicos (COI) apresenta, preocupação e ansiedade, em relação as equipes e atletas que poderão fazer uso da terapia gênica para o doping genético e defende que as indústrias farmacêuticas, laboratórios e pesquisadores, melhorem a ciência que dá suporte aos exames antidoping (ROGGE, 2007). Tal terapia é mediada com estudos acerca da genética humana, os quais são executados na esperança de melhorar os tratamentos e diagnósticos de forma mais precoce, incluindo medidas de prevenção relacionadas a transmissão hereditária de determinada patologia (reprodução assistida com análise genética).

#### **4. TERAPIA GÊNICA**

A terapia gênica baseada na inserção vetorial é a forma mais efetiva e com grande risco de efeitos colaterais para tornar realidade este tipo de doping. Esta técnica prevê a substituição de um gene viral por um gene humano responsável pela expressão de proteínas relacionadas ao aumento da performance em determinada modalidade esportiva, ou seja, a cápsula viral continua intacta e mantém a capacidade de infecção no hospedeiro, o que permite a distribuição do gene de interesse por todo o organismo. O desafio desta técnica consiste em alterar seletivamente o capsídeo (envoltório proteico) para ligar-se a receptores do tecido alvo.

Esta terapia envolve técnicas de inserção de material genético, denominado genes,

com o objetivo de aumentar a expressão de determinada proteína que esteja relacionada a uma função celular específica, por exemplo a superexpressão da proteína IGF-1 que aumenta a síntese proteica do tecido muscular esquelético ou do hormônio leptina, relacionada com a sensação de saciedade, a qual pode induzir a redução do consumo alimentar e consequente perda de peso (KONTUREK, 2005).

Como a terapia gênica envolve a inserção direta de um gene terapêutico e para isto, são necessário formas ou técnicas de fazer-la, entre elas a utilização de adenovírus como um sistema de vetor. Adenovírus possuem um fita de dupla hélice (DNA) como material genético, são capazes de infectar diferentes sistemas orgânicos e ainda sobrevivem fora do hospedeiro por tempo superior a outros tipos de vírus e eles são capazes de infectar uma ampla variedade apenas de células mitóticas humanas (BRZEZIANSKA, 2014). A produção de um adenovírus recombinante para uso em terapia gênica deve garantir a substituição do gene viral causador da patologia (associada a esse adenovírus) por um plasmídeo com o gene terapêutico, mantendo intacto em seu genoma original o trecho correspondente ao gene funcional para garantir que ocorra processo de infecção por meio da replicação natural do adenovírus. Desta forma, com o organismo infectado como o adenovírus recombinante, o tecido alvo recebe o plasmídeo com o gene responsável pela expressão da proteína de interesse (BAOUTINA, 2008).

Paralelo aos avanços da terapia gênica em humanos, crescentes implicações sociais deverão surgir e ser debatidas com a sociedade, de modo a esclarecer a população se esta terapia estará disponível apenas a determinados estratos sociais, quais os riscos para as gerações futuras daqueles que se submeteram a terapia, se no futuro será permitido a manipulação de células germinativas e se a clonagem humana será uma realidade. Deve considerar que (em certas circunstâncias) os órgão e/ou tecidos alvo do doping genético, voltados à melhora do rendimento atlético, podem ser os mesmos da terapia gênica, voltados ao tratamento e/ou cura de diversas patologias (GOULD, 2012).

## **5. IMPLICAÇÕES SOCIAIS**

O início dos jogos olímpicos prezavam pelo reconhecimento, fama e a união entre os povos. Oliveira et al. (2011) apontam que o interesse do atleta é, atualmente, direcionado pela garantia de contratos duradouros e uma quantidade considerável de dinheiro envolvidas tanto na atuação efetiva do esporte, quanto na comercialização dos direitos autorais voltados a

publicidade deste atleta. A permanência midiática do esporte de alto desempenho se deve as possibilidades de quebra de recordes, transformando-o em um evento espetáculo cercado de investimentos, marketing e contexto político (tele espetáculo).

Assim, as pressões sociais e culturais somadas a necessidade constante de destaque, associado a níveis elevados de ambição pessoal, geram um cenário propício para o atleta fazer uso de métodos dopantes para aumentar sua chance de êxito em determinada modalidade esportiva (JOHNSON, 2012). De modo a minimizar o efeito causado por este cenário (mídia e cultura), o governo japonês investe na educação anti-doping, incluindo no currículo nacional dos últimos anos escolares, equivalente ao ensino médio brasileiro, os conceitos do doping esportivo e os valores que o esporte espera das pessoas que escolhem o esporte profissional como meio de vida (AKAMA; ABE, 2013).

Neste contexto, enquanto sociedade estamos condenados a deixar de celebrar o esporte como manifestação histórica de superação dos limites biológicos do homem e um meio de interação social para, a partir deste novo século, celebrar os avanços tecnológicos provenientes da biotecnologia, os implantes produzidos a partir de biomateriais e os não distantes membros biônicos prometidos pela engenharia biomédica (FILIPP, 2007).

## **6. ASPECTOS ÉTICOS**

No futuro, as aplicações da terapia gênica pode ajudar a combater doenças atualmente sem cura ou com expectativa de sobrevida muito pequena, nestes casos os benefícios da terapia superam em muito os riscos e considerando as particularidades de cada doenças, o avanço do conhecimento e das técnicas de manipulação genética podem permitir a melhora da qualidade de vida daqueles que sofrem com doenças que possuem tratamentos limitados (FISCHETTO; BERMON, 2013).

A terapia gênica pode colocar em risco a saúde do indivíduo aumentando as chances de câncer, infecção viral, auto imunização, infarto do miocárdio e Acidente Vascular Cerebral, ruptura de músculos, tendões e ligamentos (SANTAMARIA, 2013). Além disso, o avanço tecnológico em direção ao pré-diagnóstico (probabilidade de desenvolver determinada patologia em um certo período de tempo) baseado em informações genéticas poderia criar um novo sistema de classes sociais, direcionando o acesso a empregos de acordo com a sua pré-disposição genética e mesmo do ponto de vista social, limitando a interação reprodutiva entre

indivíduos que possuem genes recessivos, quando sujeitos a transmissão de alguma doença hereditária. Neste último caso, o risco em se relacionar com um indivíduo que possui um genótipo incompatível, pode gerar uma nova vida já condenada no próprio ventre, considerando a possibilidade de um diagnóstico pré-natal (EPSTEIN, 2003).

Watson (2005) levanta os seguintes questionamentos em relação a terapia gênica:

1. O conhecimento acerca do DNA tornará inevitável o sistema de castas genéticas?
2. Podemos contestar que o modo pretendido pela Natureza seja necessariamente o melhor (Falácia Naturalista).

De Rose (2011) levanta os seguintes questionamentos em relação ao doping genético:

1. Uma vez feita a terapia, esta poderá ser interrompida evitando a multiplicação celular descontrolada?
2. Em relação aos riscos imunológicos, a resposta do organismo pode ficar descontrolada?
3. As mutações celulares induzidas podem ser transmitidas às futuras gerações?

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pode se considerar que esta evolução tecnológica põe em risco o atleta e o esporte de alto rendimento de forma geral, consiste porém de uma técnica promissora e que pode oferecer expectativa de cura a inúmeras enfermidades. Os riscos são potencialmente reais e a glória prematura certamente cobrará um alto preço do atleta durante seu processo natural de envelhecimento (senescência) ou ainda seu “herdeiro genético” poderá pagar esta conta já na própria gestação.

Assim, ao vislumbrar os benefícios que um atleta poderia lograr com a terapia gênica, considero os seguintes contextos:

1. Diminuir o volume/intensidade de treinamento, mantendo o mesmo desempenho;
2. Prolongar a vida útil do atleta de alto rendimento, valendo-se da recuperação celular e da regeneração tecidual em tempo inferior ao usual;
3. Reduzir consideravelmente a incidência de lesões relacionadas a sobrecarga de treinamento e fraturas por estresse;
4. Proporcionar considerável incremento no desempenho em praticamente todas as modalidades esportivas;

A terapia gênica pode representar uma nova fronteira na criação de “superatletas” e tanto o governo quanto a sociedade deverão vivenciar discussões a respeito da legitimidade ou não desta terapia. Os “Super-Humanos” não serão ficção científica em um futuro próximo (meados deste século), a dúvida será quais seres humanos, e em quais condições, estarão dispostos a experimentar aos riscos potenciais desta terapia. A constatação científica pode demorar gerações (tempo superior a 100 anos) para produzir resultados claros e conclusivos a respeito da terapia gênica, principalmente quando considerado questões relativas a hereditariedade.

O adulto jovem, por mais inquieto e subversivo com a doutrina vigente, tende a ser consideravelmente conservador em se tratando de técnicas promissoras porém, controversas. Será uma tarefa árdua, mesmo para o cientista mais entusiasmado com os resultados de sua pesquisa, convencer atletas saudáveis a se submeterem a terapia gênica para fins meramente competitivos.

## REFERÊNCIAS

- AKAMA T, ABE A. **Development and activities of the fight against doping.** J Phys Fitness Sport Med. 2(3):267-274, 2013.
- BAOUTINA A, ALEXANDER IE, RASKO JEJ, EMSLIE KR. **Developing strategies for detection of gene doping.** J Gene Med. 10: 3–20, 2008.
- BOGHOSIAN T, MAZZONI I, BARROSO O, RABIN O. **Investigating the Use of Stimulants in Out-of-Competition Sport Samples.** Journal of Analytical Toxicology, Vol. 35, pp. 613-616, 2011.
- BRZEZIANSKA E, DOMANSKA D, JEGIER A. **Gene doping in sport: perspectives and risks.** 31(4):251-259, 2014.
- DE ROSE EH. **Doping in athletes: An update.** Clin Sports Med. 27:107-130, 2008.
- DE ROSE EH, MICHELUCCI M. **Doping and performance enhancement: a new definition.** In: MICHELI LJ. Encyclopedia of Sport Medicine. Washington DC: SAGE, Vol. 1, 2011.
- DIAS RG. **Genética, Performance Física Humana e Doping Genético: o Senso Comum Versus a Realidade Científica.** Rev Bras Med Esporte. 17:62-70, 2011.
- EPSTEIN CJ. **Is modern genetics the new eugenics?** Genetics in Medicine. 5(6):469-475, 2003.

FILIPP F. **Is science killing sport?** Gene therapy and its possible abuse in doping. European Mol Bio Organization. 8(5): 433-435, 2007.

FISCHETTO G, BERMON S. **From gene engineering to gene modulation and manipulation:** can we prevent or detect gene doping in sports? Sport Med. 43:965-977, 2013.

FRIEDMANN T. **Gene Doping:** An overview and update. In: Play True. 2:12-14, 2007.

FRIEDMANN T, RABIN O, FRANKEL MS. **Gene doping and sport.** Science. 327:647-648, 2010.

GOULD D. **Gene doping:** gene delivery for Olympic victory. Br J Clin Pharmacol. 76(2):292-298, 2012.

JOHNSON, M.B. **A systemic social-cognitive perspective on doping.** Psychology of Sport and Exercise - 13:317e323, 2012.

KONTUREK PC, KONTUREK JW, CZESNIKIEWICZ-GUZIŁ M, BRZOZOWSKI T, SITO E. **Neuro-hormonal control of food intake:** basic mechanisms and clinical implications. J Physiol Pharmacol. 56:S5-25, 2005.

MAZZONI I, BARROSO O, RABIN O. **The list of prohibited substances and methods in sport:** structure and review process by the World Anti-Doping Agency. Journal of Analytical Toxicology, 35:608-612, 2011.

OLIVEIRA RS, COLLARES TF, SMITH KR, COLLARES TV, SEIXAS FK. **The use of genes for performance enhancement:** doping or therapy? Brazilian J Med Biol Res. 44(12):1194-1201, 2011.

POKRYWKA A, KALISZEWSKI P, MAJORCZYK E, ZEMBRÓN-LACNY A. **Genes in sport and doping.** Biology of Sport. 30(3):155-161, 2013.

ROGGE J. **World conference on doping in sport.** 2007. Disponível em [http://www.olympic.org/Documents/Reports/FR/fr\\_report\\_1253.pdf](http://www.olympic.org/Documents/Reports/FR/fr_report_1253.pdf) Acessado em Março de 2015.

SANTAMARIA S, ASCIONE A, TAFURI D, MAZZEO F. **Gene doping:** biomedical and laws aspects of genetic modification of athletes. Med Sport. 17(4): 193-199, 2013.

WADA. **Gene Doping.** In: Play True - World anti-doping agency. 1:2-6, 2005.

WADA. **Levelling the playing field.** In: Play True - World anti-doping agency. 3:19-26, 2008.

WADA. **The 2015 prohibited list.** World anti-doping agency. 2015.

WATSON JD. **O segredo da vida.** São Paulo: Companhia das letras. Cap. 8, 2005.

## **APÊNCICE C – MODELO DE NEGÓCIO: REALIDADE VIRTUAL E RECONHECIMENTO DE GESTOS APLICADOS AS ÁREAS DE SAÚDE**

### **SUMÁRIO EXECUTIVO**

Com o intuito de oferecer atendimento diferenciado e personalizado, a spin-off KLife (KinematicLife), propõe uma proposta inovadora para auxiliar no tratamento de pessoas, que apresentam doenças neurológicas ou ortopédicas, com sequelas motoras e cognitivas. Após entrevistas realizadas com os nossos clientes, os principais problemas vivenciados por pacientes durante as sessões de fisioterapia são: estresse relacionado à incapacidade física, limitação do movimento e dor; monotonia dos exercícios e desmotivação que leva à diminuição do compromisso com o tratamento (frequência nas sessões). Para os terapeutas, os principais problemas são: falta de ferramentas para monitorar o histórico das avaliações, atividades e progresso dos pacientes; evasão dos pacientes durante o tratamento e limitação dos exercícios propostos para o tratamento. Para isso a solução proposta consiste em desenvolver um sistema informático para mensurar o movimento em tempo real; registrar os dados para analisar o progresso de cada paciente e construir um banco de dados que facilite a tomada de decisão de equipe médica multidisciplinar. Além de desenvolver terapia gamificada baseada em atividades terapêuticas, especializadas para cada tipo de necessidade (comprometimento motor/cognitivo), com maior motivação e interatividade. A empresa vai gerar receita através de projetos vinculados a órgãos de fomento e através da venda do produto. A solução traz como diferencial a análise do movimento e documentação quantitativa, sem necessidade do contato com o paciente; oferece um sistema digital que armazena e grava os dados capturados, gerando relatórios de progresso do paciente, durante as sessões de fisioterapia. O mercado para esse produto é amplo e promissor, uma vez que temos a nível nacional, cerca de 190 mil fisioterapeutas registrados no conselho federal (coffito – dados de 2014). A empresa encontra-se na fase de MVP.



## **1. PROBLEMA**

Através da experiência adquirida em vários anos de atividades de pesquisa e aplicação prática no setor de saúde e tecnologia de informação, identificamos várias oportunidades de desenvolvimento de tecnologia e possibilidades reais de implementação de dispositivos e sistemas para reabilitação e terapia inteligente.

Com o intuito de oferecer atendimento diferenciado e personalizado, a spin-off KLife, pensaram numa proposta inovadora para auxiliar no tratamento da grande demanda de pessoas, que apresentam doenças neurológicas ou ortopédicas, com sequelas motoras e cognitivas. Após várias entrevistas realizadas com os possíveis clientes, os principais problemas vivenciados por pacientes durante as sessões de fisioterapia são: estresse relacionado à incapacidade física, limitação do movimento e dor; monotonia dos exercícios; desmotivação que leva à diminuição do compromisso (frequência nas sessões). Para os terapeutas, os principais problemas são: falta de ferramentas para monitorar o histórico das avaliações, atividades e progresso dos pacientes; evasão dos pacientes durante o tratamento; limitação dos exercícios propostos para o tratamento e falta de motivação do terapeuta durante períodos longos de reabilitação.

Até então, a avaliação da amplitude de movimento é realizada através de ferramentas antigas e ultrapassadas (como a régua - goniômetro ou inclinômetro), que não mensuram a limitação do movimento, de maneira eficaz e fidedigna. Ou através de ferramentas de alto custo, que existem em laboratórios de biomecânica, que utilizam marcadores fixados no corpo e câmeras. Muitas vezes, o fisioterapeuta abdica desse tipo de avaliação, por não acreditar nos resultados obtidos, se limitando a resposta subjetiva de dor e a avaliação da força muscular ou por não possuir condições de ter um laboratório específico para isso. Quanto às sessões de fisioterapia, muitos pacientes se queixam da falta de inovação e criatividade dos exercícios propostos. Após um tempo, alguns pacientes desistem da terapia, outros vinculam sua melhora a outras técnicas e até mesmo “ao tempo ou a religião”.

## **2. SOLUÇÃO E PROPOSTA DE VALOR**

Os temas tecnologia da informação e inovação tecnológica estão em pauta nos meios de comunicação e nas agendas de governos, empresas, agências de fomento a pesquisas e diversas organizações sociais, com forte influência no setor da saúde. A KLife surge com o objetivo de desenvolver uma solução na área de saúde relacionada à fisioterapia.

Proposta de valor:

1) Para o fisioterapeuta: Análise do movimento do paciente em tempo real. Ao invés de utilizar o goniometro (ferramenta manual utilizada atualmente) ou produtos de alto custo existentes no mercado, como OptoTrak, Motion Capture, Motion Analysis, Vicon, Visual3D que utilizam câmeras e marcadores fixados no corpo, nossa solução irá trazer uma plataforma de software, que permite ao fisioterapeuta mensurar os movimentos de maneira mais fidedigna e assertiva, durante as sessões da terapia; registrar os dados e analisar o progresso do paciente. Esta análise auxilia o profissional na tomada de decisão, em relação ao tratamento, pode ser realizada em espaço físico reduzido e direcionada tanto para a avaliação quanto para o tratamento do paciente. A ferramenta é de baixo custo, com avaliação não invasiva, não vestível, sem uso de marcadores e sem necessidade de ambientes planejados e de alto valor, como os sofisticados laboratórios de biomecânica

2) Para pacientes: Terapia gamificada que aumenta a motivação durante o tratamento. Nossa solução irá fornecer interatividade e entretenimento por meio de jogos virtuais, baseados em atividades terapêuticas, especializadas para cada tipo de necessidade (comprometimento motor/cognitivo). Esses jogos desafiam os pacientes com metas a serem alcançadas e ainda permite que o paciente esqueça o fato de que eles estão em processo de tratamento, incrementando a adesão de pacientes à fisioterapia.

### **3. PRODUTO/SERVIÇO**

Nosso produto é a criação de uma Plataforma de Software projetada para atender e integrar processos de reabilitação de fisioterapia em um único sistema. O sistema utiliza um sensor externo de reconhecimento de gestos e captura de movimentos para rastrear e analisar os movimentos do paciente em tempo real, gerando uma documentação quantitativa de todos os movimentos solicitados. Além disso, oferece (através da gamificação dos exercícios) uma atividade lúdica, interativa e eficaz na reabilitação dos pacientes.

Como funciona esta solução?

A plataforma de software contempla as seguintes ferramentas: (i) REHABGESTURE - ferramenta de visualização do movimento, que mede a velocidade e a amplitude de movimentos corporais em tempo real. (ii) GESTURECOLLECTION - ferramenta que traz um conjunto de jogos de atividades de reabilitação gamificadas, que aumentam a motivação do

paciente durante o tratamento e, é específica para cada tipo de necessidade de comprometimento motor e/ou cognitivo; (iii) KINEMATICREPORT - ferramenta responsável por registrar e quantificar os dados do REHABGESTURE e gerar relatórios de mensuração e progresso do paciente, em todas as sessões da terapia.

São requisitos da plataforma de software, um sensor de reconhecimento de gestos (dispositivo tipo Microsoft Kinect for Windows) que permite a captura e rastreamento 3D das coordenadas espaciais das principais articulações do corpo humano e um PC.

A solução irá utilizar a tecnologia de reconhecimento de gestos para o registro de informações relacionadas a cinemática do paciente (RehabGesture / KinematicReport) e para ser utilizada como Interação Humano-Computador (IHC) ao permitir sinais de entrada (inputs) para controlar os jogos virtuais (GestureCollection\*) pelo PC na plataforma de software.

\* GestureCollection é uma marca que representa todos os softwares em conjunto.

Registro de Software / Registro de Marca junto ao INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), com transferência de titularidade para a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar):

1. RehabGesture – BR 51 2015 000130 2 / 909054541;
2. GestureMaps – BR 51 2014 001376 6 / 909054410;
3. GestureChess – BR 51 2014 001377 4 / 909054460;
4. GesturePuzzle – BR 51 2014 001378 2 / 909054304;
5. GestureCollection – 909054703 (somente marca).

Qual o grande diferencial da solução?

A plataforma de software é uma tecnologia inovadora, escalável e conveniente. A solução traz a análise do movimento e documentação quantitativa em tempo real, sem a necessidade do contato com o paciente (diferente dos concorrentes, que utilizam ferramentas manuais e mecânicas), além de eliminar possíveis erros de manipulação da ferramenta, causadas pelo operador. A plataforma oferece também um sistema digital que armazena e grava os dados capturados, gerando relatórios de progresso do paciente, durante as sessões de fisioterapia. Com isso, o produto oferece maior confiabilidade nos resultados das análises, colaborando com o fisioterapeuta na tomada de decisão para suas condutas durante o

tratamento proposto.

A solução, além da análise do movimento, proporciona interatividade e entretenimento nas atividades terapêuticas, transformando movimentos comuns usados na reabilitação em exercícios gamificados, lúdicos e interativos, diferente dos jogos comerciais que são desenvolvidos somente para o entretenimento. Os exercícios gamificados irão oferecer parâmetros e níveis de evolução, do jogo mais fácil ao mais difícil. Assim, os terapeutas serão capazes de preparar sessões que ofereça aos pacientes uma experiência diferenciada, altamente motivacional e desafiadora. Esses exercícios serão construídos com base nas melhores práticas clínicas e experiência de fisioterapeutas especializados, com objetivo de prover a melhora da coordenação motora fina e geral, força muscular, amplitude do movimento, equilíbrio, tempo de reação e memória.

Qual o grande valor da solução?

Nossa solução provê informações ao fisioterapeuta que permite o monitoramento do avanço do paciente, e conseqüentemente, uma melhor análise em relação as decisões de quais técnicas serão aplicadas, no decorrer do tratamento. Simultaneamente, a ferramenta busca motivar e desafiar os pacientes para que o tratamento seja eficaz e os objetivos da terapia sejam atingidos, de modo a reduzir o número de evasão e aumentar as chances de recuperação completa dos movimentos comprometidos. Tal solução é de grande potencial para geração de valor no setor da Saúde, tanto no aumento de eficiência na reabilitação do paciente, quanto no auxílio à comunicação e agilidade nos processos de fisioterapia.

#### **4. SEGMENTO DE CLIENTES E TAMANHO DO MERCADO**

Atualmente, segundo o Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO), existem cerca de 190 mil profissionais fisioterapeutas e 15 mil terapeutas ocupacionais cadastrados trabalhando em hospitais, clínicas, centros de referência e postos de saúde. Com isso, a oferta do nosso produto se torna altamente viável e escalonável, gerando demandas reais e produtivas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nos últimos anos, o Brasil vem apresentando um novo padrão demográfico que se caracteriza pela redução da taxa de crescimento populacional e um significativo aumento do contingente de idosos. A condição de saúde dos idosos está diretamente relacionada à acesso aos serviços de saúde, ao

aumento das doenças crônicas e limitação da capacidade funcional em atividades diárias. Sendo assim, essa população irá se beneficiar com o nosso produto.

Público-alvo:

- profissional fisioterapeuta / terapeuta ocupacional que atua nas diversas áreas, seja hospitalar, ambulatorial, academias, unidades de saúde, casas de repouso, centros de atendimento infantil, clubes esportivos ou nas instituições de ensino, podendo oferecer conceitos e ferramentas inovadoras aos alunos.

- paciente (cliente) que vai se beneficiar dos exercícios gamificados, disponibilizados pela ferramenta. Com a supervisão do fisioterapeuta, o paciente poderá adquirir os games e praticá-los em domicílio, aumentando o tempo e eficácia do tratamento.

- planos de saúde, secretarias de saúde públicas que poderão se beneficiar da Plataforma de Software a ser instalada em postos de saúde e clínicas conveniadas. O objetivo é melhorar a avaliação clínica dos profissionais, o rendimento dos pacientes e principalmente, ter um banco de dados com informações atuais e fidedignas de cada paciente. O software disponibiliza dados (quantitativos) como tempo de tratamento, evolução do paciente, agenda de frequência e ausência do paciente às sessões. Isso vai ajudar na tomada de decisão para propostas de melhorias do serviço de saúde público e privado. Por exemplo, quantos profissionais devo contratar?; quantas sessões de tratamento devo disponibilizar pelo plano de saúde?; quantas clínicas de reabilitação e hospitais estão aptas a implementar tal ferramenta?

Em relação aos concorrentes, existem poucas empresas que comercializam tal tecnologia. Geralmente, o uso dos games fica restrito ao âmbito acadêmico, com pesquisas relacionadas à doenças específicas. Conhecemos o representante da empresa canadense Jintronix, que chegou ao Brasil em 2014. A proposta deles é similar, porém não tem o acompanhamento de uma equipe capacitada (por exemplo: fisioterapeuta) para demonstrar o produto e explicar tecnicamente as funções ou mesmo validar a eficácia do equipamento. Além disso, a assistência técnica não é no Brasil.

Nosso recurso para competir com esse tipo de empresa é desenvolver parcerias com pessoas chave (por exemplo: planos de saúde, secretaria da saúde e universidades com competência científica para validar nosso produto), a ferramenta já está em teste em laboratórios da UFSCar e UNICAMP.

## **5. FONTES DE RECEITA**

1) Assinatura de Planos: mensalidade/anuidade (detalhados na projeção financeira);

Serão cinco variáveis de precificação:

(i) Quantidade de pacientes – de acordo com a demanda;

(ii) RehabGesture – ferramenta de menor custo que permite a mensuração dos dados, mas não a geração de relatórios de evolução;

(iii) GestureCollection – pacote de jogos virtuais voltados a interação e imersão, com objetivo de motivar o paciente;

(iv) KinematicReport – registro de dados com geração de relatórios e criação de um banco de dados da evolução dos pacientes;

(v) Adesão de novos jogos / ferramentas de análise – de acordo com a diversificação de produtos baseado nos processos de inovação e pesquisa contínua.

## **6. CANAIS DE VENDA**

O cliente contrata a solução diretamente no portal da Klife ou através da equipe de vendas, efetuando o pagamento por meio de *gateways* de pagamento online. Após efetuar o contrato e o pagamento, o aplicativo executável é disponibilizado, com fácil instalação para o PC de sistema operacional Windows, que traz a plataforma de software, que integra as ferramentas de reabilitação desenvolvidas pela KLife.

Vendedores especializado nas áreas de saúde serão responsáveis pela aproximação inicial, especialmente quando se tratar de clientes do setor público e de empresas gestoras de planos de saúde.

## **7. PLANO MARKETING E RELACIONAMENTO COM CLIENTES**

1) Atendimento telefônico, via chat online e e-mail: através do portal KLife, twitter e facebook mantemos o contato com o cliente e um canal aberto para divulgação de novas soluções, planos, correções, atualizações, manutenções e solicitações de suporte e atendimento.

2) *Account Manager* e Representantes Certificados: A Abordagem de vendas é feita por representantes comerciais da empresa ou representantes certificados, que são autorizados e treinados a apresentar e oferecer a solução para os clientes finais. A relação inicial com os clientes se dá através do *Account Manager* que é acionado mediante a solicitação do cliente, e que acompanha a evolução e recorrência do cliente na contratação de nossas soluções.

3) Feiras e Eventos da área de Saúde: Tais eventos são de elevada importância para investir na recorrência de clientes e contato com novos clientes, gerando também a divulgação das soluções da empresa e o contato constante com inovações tecnológicas do setor.

4) Equipe técnica especializada, com doutores nas áreas de neurologia e biotecnologia aptos a aperfeiçoar a ideia do produto e desenvolver novas possibilidades de games e recursos, voltado ao profissional e ao paciente.

## **8. RECURSOS CHAVE**

1) Desenvolvedores: equipe interna para desenvolvimento da solução que garanta melhorias no aspecto gráfico e usabilidade, melhorias de *performance* e estabilidade, gamificação de processos de reabilitação, manutenção e suporte ao cliente, administração e manutenção de servidores de *cloud computing*, desenvolvimento das plataformas web, técnicas de proteção e acesso de informações e dados.

2) Sensor de Reconhecimento de Gestos (hardware): dispositivos de captura e rastreamento 3D das coordenadas espaciais das articulações do corpo humano, como base de nossa solução o Microsoft Kinect.

3) Provedores de *Cloud Computing*: todo o dimensionamento de infraestrutura de TI foi adotado nas melhores práticas do mercado, para atender as transações e acesso de nossos clientes, nas nossas plataformas web, mantendo alta disponibilidade e qualidade para nossos clientes e futuros clientes, reduzindo os gastos iniciais com infraestrutura física, mas não eliminando esta opção (Backup físico) estratégica no médio prazo.

## 9. ATIVIDADES CHAVE

1) Desenvolvimento constante da solução: tornar a solução cada vez mais completa em termos de funções e usabilidade para o cliente fisioterapeuta; buscar mais interatividade e motivação para as atividades da sessão de fisioterapia com o usuário final (paciente); otimizando constantemente a plataforma de software para o cliente final e aumentando a coleção de jogos baseados em exercícios de fisioterapia;

2) Canais de vendas e pós-venda: (i) Canal de venda: desenvolvimento constante dos canais de vendas buscando sempre o aprimoramento da plataforma de contrato e validação online; participar de eventos e feiras estratégicas que são relacionados as atividades da empresa para venda e divulgação da solução; atuação do time de vendas, para contato direto com clientes, através de representantes comerciais (profissionais da própria empresa ou profissionais certificados); manutenção dos canais de divulgação e marketing da solução. (ii) Canal de pós venda: Canal direto de suporte através do portal da KLife e/ou pelo telefone sempre buscando a redução do tempo das etapas que garantem a resolução dos problemas e mantém o nível de qualidade ao longo de todo o processo; manutenção do banco de dados dos clientes, para melhor direcionar as ações e mensagens personalizadas de atendimento; Email de marketing e feedback de pós-venda, para estimular futuras atualizações de planos e compras, criando novas oportunidades com o cliente.

3) Desenvolvimento de parcerias com formadores de opinião e comunidade acadêmica: A colaboração científica com comunidade acadêmica e grupos de pesquisas de excelência no país, podem auxiliar na validação da solução e são especialmente estratégicas no médio e longo prazo, considerando a formação de recursos humanos treinados (durante o processo de formação acadêmica) com a solução proposta. Os parceiros (já estabelecidos) vislumbram a aplicação da nossa solução para o cliente final (fisioterapeuta) e usuários finais (pacientes), que poderão usufruir de tecnologia inovadora neste segmento.

4) Aprimorar Expertise em Biomecânica, Recursos Terapêuticos, Experiência de Usuário (UX - do inglês *User Experience*) e TI aplicada à saúde: a equipe sempre buscará aprimorar e atualizar a expertise para o desenvolvimento das soluções da empresa, através de cursos de capacitação, especialização, pós-graduação e experiências com "Parceiros Chaves".



## 10. PARCEIROS CHAVE E FORNECEDORES

1) Comunidade Acadêmica e Centros de P&D: são essenciais pois são os melhores canais de indicação e validação científica para os clientes finais.

2) Profissionais/Formadores de Opinião: manter contato com estes profissionais e formadores de opinião são essenciais para divulgação e conhecimento das suas redes de pacientes e profissionais conhecidos.

3) Conselhos Regionais de Fisioterapia e Terapia Ocupacional: manter a empresa atualizada com as últimas regulamentações, fiscalizações e legislações.

4) Planos de saúde: mantê-los atualizados quanto ao grau de inovação e dos custos operacionais para a área da reabilitação.

5) Fabricante de hardware (sensor de reconhecimento de gestos tipo Microsoft Kinect).

## 11. PRINCIPAIS CUSTOS

1) Equipe de desenvolvimento: desenvolvedores (programadores) especializados em nas tecnologias do Microsoft Kinect, tecnologias de desenvolvimento de jogos e plataformas web. \* Risco: prazo – médio, técnico – médio, financeiro – baixo.

2) Marketing: divulgação da solução através de plataforma de publicidade direcionada o *Google Adwords* com vários veículos e formatos online, sempre relacionando a palavras-chaves de *features* da nossa solução e também, divulgação pelos "Canais de Entrega", "Relacionamento com o Cliente" e anúncio em revistas da área.

\* Risco: prazo – baixo, técnico – baixo, financeiro – alto.

3) Manutenção Web e *Cloud Computing*: pagamento dos servidores, plataformas de *gateway* de pagamentos e domínio do portal da KLife.

\* Risco: prazo – baixo, técnico – médio, financeiro – médio.

4) Equipe de atendimento: suporte online (via chat e email) e/ou por telefone.

\* Risco: prazo – baixo, técnico – médio, financeiro – baixo.

## 12. ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO

PROTÓTIPO FUNCIONAL, em estágio “*Proof of Concept*”, com registro no INPI.

A solução proposta foi idealizada em meados de 2011 pelo coordenador deste projeto (para a realização do doutorado em Biotecnologia / 2011 – 2015), durante o qual foi desenvolvida a metodologia de Interação Gestual visando o estímulo motor e cognitivo durante o processo de Interação Humano-Computador (IHC) de modo não convencional. Os protótipos se concretizaram ao longo do ano de 2013, seguidos de divulgação científica em Congressos e Seminários das áreas Médicas (saúde em geral) e de Computação (especialmente voltados a Realidade Virtual). Durante o ano de 2014 se iniciaram os processos de registro de softwares e marcas, com crescente interesse por parte de outros pesquisadores em colaborações de pesquisa para validar as perspectivas de aplicações propostas durante os Congressos e Seminários, tais colaborações estão em andamento ou em fase de apreciação de Comitês de Ética em Pesquisa com Seres Humanos ou Agências de Fomento à Pesquisa. Também em 2014 o projeto foi submetido ao programa StartUp Brasil, logrando como consequência um período de pré-aceleração junto a aceleradora de empresas Baita, sediada no Softex – UNICAMP. Neste ano de 2015 o processo de pedido de proteção foi finalizado junto ao INPI, tendo como mediador a Agência de Inovação da UFSCar e o estágio atual prevê a inserção da solução proposta no mercado (de modo a extrapolar o ambiente acadêmico), neste sentido foi feito o primeiro contato com a UNIMED de São Carlos para testar nossa solução e colaborar seu aperfeiçoamento mediante feedback (em fase de negociação). Em Julho deste ano (2015) o projeto foi selecionado para participar da final do Concurso de Criação de Novos Negócios em Biotecnologia e Saúde promovido pela Fundação Instituto Polo Avançado da Saúde (FIPASE) e Incubadora de Empresas de Base Tecnológica SUPERA.

### 13. VALUE PROPOSITION CANVAS

Resumo das entrevistas realizadas com pacientes e terapeutas para identificar a proposição de valor apresentado na Geração de Modelo de Negócios CANVAS, proposto por Alexander Osterwalder. <http://www.businessmodelgeneration.com/canvas/bmc>

THE GEOMETRY OF MOTION

	Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05	Total
Pacientes	12	05	06	05	04	32

- Percepções:**
  - +18j5 recuperar o movimento;
  - +17j5 duas sessões por semana;
  - +6j4 voltar a praticar o esporte que causou a lesão;
  - +15p5 “os exercícios são monótonos”
  - #6p5 “ter que fazer os exercícios sempre”
  - +6p5 “estou perdendo o condicionamento que ganhei com o treino”
  - +6p3 “não queria ir por causa do calor”
  - #14g5 “espero melhorar a dor”
  - 12g4 “recuperei completamente ou espera recuperar completamente”
  - +6g5 “a fisioterapia é voltada p/ o esporte que pratica”
- Identificação dos problemas enfrentados pelo paciente durante a fisioterapia;
- Constatação de que os movimentos são repetitivos e monótonos;
- Na sua maioria as sessões ocorrem duas vezes por semana;
- O fator mais importante para a realização da fisioterapia é a eliminação da dor
- Progresso:**
  - IX Encontro Unicamp Ventures: Empreender para Inovar;
  - Sinergia entre instituições de Campinas: Prefeitura, Inova, Softex;
  - Semana Nacional de ciência e Tecnologia
  - Workshop BCI

Legenda:  
 # Neutro / + favorável / - desfavorável ao sistema.  
 0 a 10 – frequência de relato nas entrevistas.  
 j = job / p = pain / g = gain  
 0 a 5 – intensidade no relato do paciente.

THE GEOMETRY OF MOTION

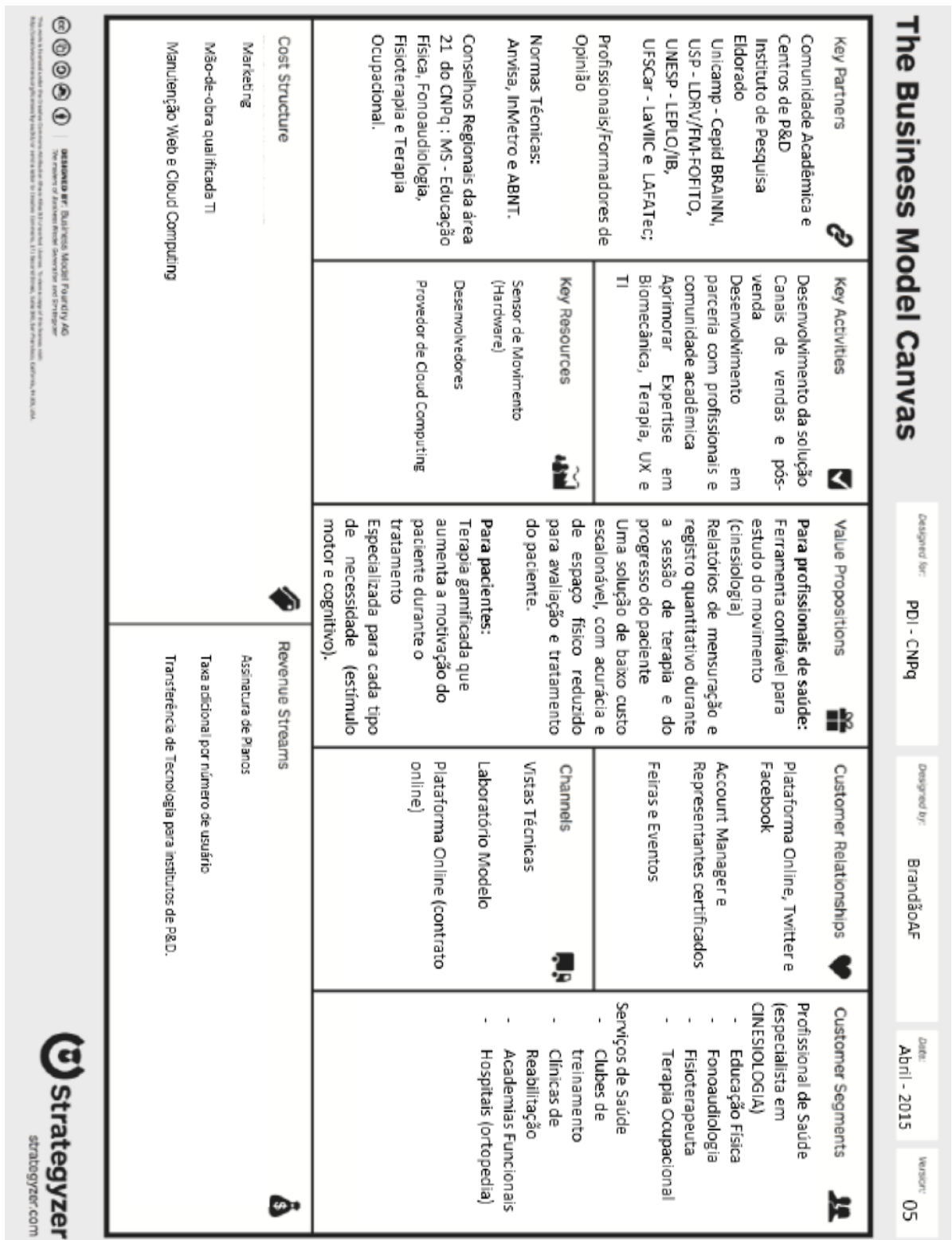
	Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05	Sem 06	Sem 07	Sem 08	Sem 09	Total
Pacientes	12	05	06	05	04	--	X	--	--	32
Clinica / Terapeuta	--	--	--	--	--	04	X	09	06	19

- Percepções:**
  - +11j5 Se a ferramenta de mensuração do movimento fosse precisa... utilizaria no lugar do goniômetro;
  - +10j4 Tornar o tratamento “mais atrativo” / Espera maior diversidade de jogos;
  - +8j5 Espera “economizar tempo”;
  - 10p4 “tem receio que o paciente use o jogo sozinho em casa”;
  - +7p3 “Evitar o abandono do tratamento”;
  - +7p5 “O programa se mostrar pouco eficiente”;
  - +5p3 “falta de interesse pelo paciente na tecnologia”;
  - +1p4 “falta de produtos nacionais similares”;
  - 1p3 “baixo recurso financeiro do paciente p/ adquirir a tecnologia”;
  - 1p2 “a tecnologia desconsidera aspectos subjetivos do paciente”;
  - +10g5 “de fácil aplicação para o terapeuta”;
  - +9g5 Espera facilidade no aprendizado pelo paciente;
  - +8g3 Espera facilitar o tratamento;
  - +5g3 “aumentar o nível de dificuldade para o paciente”;
  - +1g4 “espera melhorar a confiança do paciente em relação ao que ele é capaz de fazer” ou seja, não evidenciar a limitação do paciente.
- Progresso:**
  - I Fórum de Inovação em Tecnologia Assistiva;
  - IV Congresso Brasileiro de Educação Especial;
  - Teste com Gesture’s x RM iniciados (UNICAMP).
  - Registro dos softwares Gesture’s no INPI:
    - GestureChess – BR 51 2014 001377 4
    - GesturePuzzle – BR 51 2014 001378 2
    - GestureMaps – BR 51 2014 001376 6
    - RehabGesture – BR 51 2015 000130 2

Legenda:  
 # Neutro / + favorável / - desfavorável ao sistema.  
 0 a 10 – frequência de relato nas entrevistas.  
 j = job / p = pain / g = gain  
 0 a 5 – intensidade no relato do paciente.

Estas entrevistas foram realizadas em colaboração com a Dr. Sara R.M. Almeida durante o 2º semestre de 2014, tendo como mentores Maria S. Aledo e Renato Toi da Aceleradora de Empresas Baita, Campinas | SP. <http://www.baita.ac/>

14. “Business Model Canvas”: apresentado ao CNPq para solicitação de Pós Doutorado Empresarial – PDI junto a empresa de softwares I-Max Games, São Carlos | SP.



Público Alvo: B2B2C

Pessoas Jurídicas (empresas de saúde, hospitais, clínicas, clubes) e

Pessoas Físicas (profissionais liberais, pacientes, consumidores finais);

## ANEXO A – TESTE DE MARCHA ESTACIONÁRIA COM USO DE DISPOSITIVO DE REALIDADE VIRTUAL: UMA ALTERNATIVA AO TESTE DE CAMINHADA DE SEIS MINUTOS?

### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

1. Camila Akemi Sakaguchi, mestranda do curso de Pós Graduação em Fisioterapia da UFSCar;
2. Prof. Dr. Maurício Jamami, Docente Departamento de Fisioterapia; Centro de Ciências Biológicas e da Saúde; Laboratório Fisioterapia Respiratória. E-mail: [jamami@ufscar.br](mailto:jamami@ufscar.br)

### RESUMO

A presença da Realidade Virtual (RV) tem sido marcante no meio da saúde e reabilitação, pois a utilização dessa tecnologia permite maior interação e incentivo em atividades de caráter repetitivo, além de aumentar o gasto energético durante sua prática. A capacidade ao exercício é um aspecto importante da avaliação e, sabendo que o Teste de Caminhada de 6 minutos (TC6) é o teste mais utilizado com tal finalidade, necessitando de grandes espaços para sua realização, surge a proposta da criação de um teste de aptidão física eficiente mas que não apresente a mesma desvantagem, para que seja possível a sua aplicação em qualquer ambiente que disponha de menos espaço. Para isso, foi elaborado um Teste de Marcha Estacionária de 6 minutos (TME6) adaptado em tempo para o alcance de mudanças fisiológicas do exercício submáximo e com o suporte de um dispositivo de RV (GestureMaps) como um componente estimulante durante a realização do teste. Espera-se encontrar correlação e concordância entre as variáveis no TC6 e TME6 com o incentivo do dispositivo de RV.

**Palavras-Chave:** Reabilitação. Teste de Caminhada de 6 minutos. Teste de Marcha Estacionária de 6 minutos. Realidade Virtual.

## **ANEXO B – COMPARAÇÃO DE JOGOS VIRTUAIS E SEUS EFEITOS NO DESEMPENHO DE PESSOAS COM TETRAPLEGIA E PARAPLEGIA POR LESÃO DA MEDULA ESPINAL**

### **UNIVERSIDADE FERDERAL DE SÃO CARLOS**

- 1- Renata Krutli, estudante de graduação do curso de Terapia Ocupacional da UFSCar;
- 2- Gessica Calixto, estudante de graduação do curso de Terapia Ocupacional da UFSCar;
- 3- Prof. Dr. Daniel Marinho Cezar da Cruz, Docente Ajunto II do Departamento de Terapia Ocupacional (DTO) da UFSCar e coordenador do Laboratório de Análise Funcional e Ajudas Técnicas-LAFATec. E-mail: [danielcruz@ufscar.br](mailto:danielcruz@ufscar.br)

### **RESUMO**

A Realidade Virtual (RV) tem sido um recurso utilizado atualmente na reabilitação de deficiências. Os objetivos consistem em comparar os dois jogos virtuais no desempenho de pessoas com tetraplegia e paraplegia por lesão na medula espinal; descrever a quantidade e velocidade dos movimentos durante os dois jogos virtuais; identificar a variação da frequência cardíaca, pressão arterial, frequência respiratória antes, durante e após os dois jogos e por fim, comparar o desempenho dos dois jogos entre esses dois grupos (paraplégicos e tetraplégicos). Participarão dessa pesquisa 10 sujeitos, sendo 05 com paraplegia e 05 com tetraplegia por sequela de lesão medular, selecionados a partir de uma ONG na cidade de São Carlos, a ONG-MID- Organização não Governamental-Movimento de Informação sobre deficiências. Os recursos de avaliação serão o Jogo *GestureChair* e o Jogo *Boxing* (nintendo wii). Espera-se que os dados a serem obtidos possam fornecer informações sobre a influência do tipo de jogo, no desempenho dos participantes. Esses dados podem indicar a necessidade de análise dos jogos de acordo com as necessidades de cada população.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual, Jogos de Reabilitação Virtual, Tecnologias de Reabilitação, Desempenho.

## ANEXO C – REALIDADE VIRTUAL NA PRÁTICA PEDAGÓGICA DE PROFESSORES DE SALAS DE RECURSOS MULTIFUNCIONAIS PARA CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICA

### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

1. Larissa Pereira da Silva, estudante de graduação do curso de Educação Especial da UFSCar;
2. Samara Cristina da Costa, estudante de graduação do curso de Educação Especial da UFSCar;
3. Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Garcia Gonçalves, Docente do Curso de Licenciatura em Educação Especial; Centro de Educação e Ciências Humanas; Laboratório de Tecnologia Assistiva. E-mail: [adrigarcia33@yahoo.com.br](mailto:adrigarcia33@yahoo.com.br)

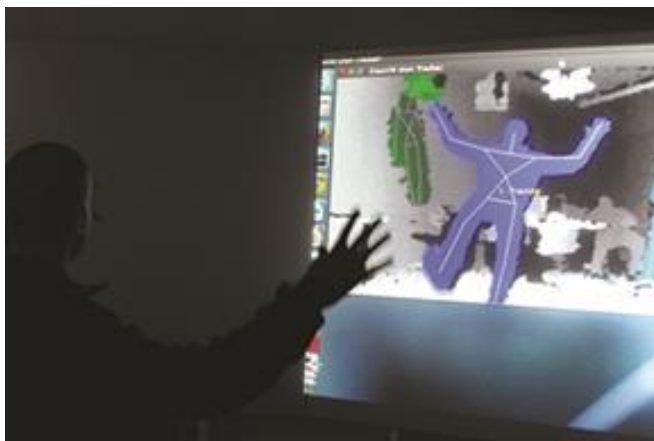
### RESUMO

Identificar como a Realidade Virtual (RV) poderá contribuir na prática pedagógica de professores das Sala de Recurso Multifuncional (SRM), verificar possibilidade de uso por parte de professores das SRM enquanto recurso tecnológico e identificar pontos positivos e negativos no uso da RV na prática pedagógica de professores de SRM. Serão participantes desta pesquisa professoras de SRM, onde será demonstrado como utilizar o jogo GesturePuzzle para aplicação com o aluno. Posteriormente será realizado as filmagens das sessões de aplicação do jogo observando as práticas pedagógicas utilizadas pela professora com o aluno. Por fim, será aplicada uma escala Lickert para avaliação do uso do jogo como uma Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) e quais os pontos positivos e negativos do uso do aparelho dentro de SRM para potencializar a aprendizagem do aluno com Deficiência Física (DF). Espera-se que o presente projeto de pesquisa possa contribuir com a prática pedagógica de professores de SRM no sentido de disponibilizar mais uma ferramenta tecnológica que utiliza a RV. Assim, o professor poderá acrescer suas estratégias de ensino com o uso da RV e contribuir com o aprendizado de alunos com DF.

**Palavras-Chave:** Realidade Virtual, Sala de Recurso Multifuncional, Deficiência Física.

## ANEXO D – JOGOS DA REABILITAÇÃO

ED. 213 | NOVEMBRO 2013



Movimento das mãos controla personagem na tela e estimula a atividade motora

Para estimular a atividade motora e cognitiva de pessoas com lesões na medula ou no cérebro, pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) desenvolveram aplicativos (programas) para computadores que reconhecem os gestos humanos e possibilitam a interação com jogos e plataformas já conhecidos como Xadrez, Pacman e Google Street View. A ideia é proporcionar, sem o uso de teclado e mouse, uma interação com ambientes virtuais de forma lúdica e fisicamente ativa. De acordo com o pesquisador Alexandre Fonseca Brandão, doutorando no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec), da UFSCar, a utilização dos aplicativos colabora também com o combate ao sedentarismo ao provocar uma mudança na interação com os jogos tradicionais. Um exemplo é o aplicativo denominado GestureChair desenvolvido com base em uma versão do jogo Pacman. “O usuário controla o personagem com movimentos manuais rápidos, denominados swipe (para cima, baixo, direita ou esquerda)”, explica Brandão. Para isso, o computador deve estar equipado com um sensor de movimento. “O tratamento de reabilitação facilita e estimula o paciente a reaprender a controlar suas funções lesadas e a obter maior independência, tornando-o capaz de melhorar sua qualidade de vida”, diz. “O GestureChair é direcionado para portadores de paraplegia que compromete a função do tronco e dos membros inferiores, mas não afeta os superiores.”

Texto publicado na Revista Pesquisa FAPESP, Seção: Tecnociência, ed. 213, pg. 12, 2013. <http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/11/18/jogos-da-reabilitacao/>



## ANEXO E – TECNOLOGIA PODE SER ALIADA DA SAÚDE

Edição 166 \_ Novembro 2014 / Tratamento de saúde na era digital

Por Ana Luiza Tieghi

A utilização de jogos eletrônicos e softwares de realidade aumentada e virtual já fazem parte do tratamento de diversos transtornos. A tecnologia está presente em todos os momentos da vida. Estamos aprendendo rapidamente a encarar com naturalidade o mundo virtual, que se tornou uma extensão da realidade. Mas a tecnologia e a internet não servem apenas para acessar as redes sociais. Tem muita gente se utilizando de recursos tecnológicos que há pouco tempo seriam impensáveis para melhorar a qualidade de vida de portadores de diversos problemas. Já pensou que o videogame que você e seus filhos jogam ou que o Google Maps pode ter outras utilidades além de te divertir e guiar pela cidade? Ou que imagens em 3D podem ir muito além do cinema?

Reabilitação: Edson Rodrigues da Silva, agente de vigilância da Superintendência de Segurança, vai toda semana ao Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina (FOFITO) para jogar videogame. Não é um passatempo, mas uma sessão de fisioterapia. Com a utilização do console Nintendo Wii, as terapeutas Danielle Perez e Joyce Muzzi podem treinar movimentos nos pacientes e observar suas evoluções. “A fisioterapia tem aderência maior com o videogame. Fazemos mais repetições e podemos trabalhar questões cognitivas importantes”, conta Danielle.

Silva, que teve um infarto em 2013 e um AVC no início deste ano, já está na quinta sessão de fisioterapia com o uso de videogame e acredita que a técnica está ajudando-o a recuperar sua força e destreza. “Da forma dinâmica como elas fazem, elas veem as minhas dificuldades, onde realmente precisa ser trabalhado e de que forma, para que eu possa melhorar o movimento do meu braço, da minha cabeça, visualizar e pensar melhor”, afirma.

A professora Maria Elisa Pimentel Piemonte é quem orienta esse trabalho, que também trata de pessoas com problemas de equilíbrio e locomoção. A técnica já foi aplicada em pacientes com mal de Parkinson e em idosos saudáveis, sempre com resultados positivos. “A primeira impressão das pessoas é que a escolha do videogame está ligada a ser uma terapia mais divertida, mas nosso argumento não é esse”, explica a professora do Fofito. Os jogos virtuais permitem que o terapeuta perceba com clareza quais as dificuldades do paciente e os compare com os resultados obtidos em sessões anteriores. Além disso, diferentemente da

fisioterapia convencional, quando o paciente joga o videogame, ele realiza os movimentos enquanto se concentra no jogo. “Isso exige uma divisão de atenção, um controle de movimento mais automático, que é exatamente o que a gente usa no dia a dia”, afirma.

Os jogos usados nas sessões de fisioterapia no Fofito são variados. Além de games comerciais, como os jogados no Nintendo Wii, também entram jogos terapêuticos criados fora do Brasil e outros que estão sendo desenvolvidos em terras nacionais, com a ajuda dos estudos do departamento. Um exemplo é o aplicativo GestureMaps, que está sendo desenvolvido por Alexandre Brandão, Gustavo Jordan Brasil e Diego Dias, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).



Imagem do aplicativo GestureMaps, em desenvolvimento na UFSCar, que permite o controle do GoogleMaps através de gestos

Ele permite controlar a ferramenta Google Street View (pela qual é possível visualizar imagens de ruas e até mesmo museus de diversas partes do mundo como se você estivesse presente no local) por meio de gestos manuais. Pensado inicialmente para pacientes idosos com desorientação espacial, o GestureMaps proporciona interação virtual com rotas urbanas e pode ajudar pacientes com outros problemas motores. “Temos treinado andar no Museu do Louvre, por exemplo, ao invés de fazer o paciente dar dez voltas de lá pra cá, na sala. É uma motivação”, explica Maria Elisa. “Nosso trabalho visa proporcionar aos usuários uma maneira não-convencional de interagir com ambientes virtuais de forma intuitiva, fisicamente ativa e essencialmente lúdica”, conta Alexandre Brandão.

Texto publicado na Revista Espaço Aberto USP, Temática: Tratamento de Saúde na Era Digital, ed. 166, pg. 13 – 17, 2014. <http://www.usp.br/espacoaberto/?materia=tecnologia-pode-ser-aliada-da-saude>

# Original Research

## RehabGesture:

### An Alternative Tool for Measuring Human Movement

Alexandre F. Brandão, MSc,<sup>1</sup> Diego R.C. Dias, MSc,<sup>2</sup>  
Gabriela Castellano, PhD,<sup>3</sup> Nivaldo A. Parizotto, PhD,<sup>4</sup>  
and Luis Carlos Trevelin, PhD<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Biotechnology and <sup>2</sup>Computer Science PhD Programs,  
Federal University of Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil.

<sup>3</sup>Gleb Wataghin Institute of Physics, State University of Campinas,  
Sao Paulo, Brazil.

<sup>4</sup>Physiotherapy and <sup>5</sup>Computer Science Departments, Federal  
University of Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil.

#### Abstract

**Background:** Systems for range of motion (ROM) measurement such as OptoTrak, Motion Capture, Motion Analysis, Vicon, and Visual 3D are so expensive that they become impracticable in public health systems and even in private rehabilitation clinics. Telerehabilitation is a branch within telemedicine intended to offer ways to increase motor and/or cognitive stimuli, aimed at faster and more effective recovery of given disabilities, and to measure kinematic data such as the improvement in ROM. **Materials and Methods:** In the development of the RehabGesture tool, we used the gesture recognition sensor Kinect<sup>®</sup> (Microsoft, Redmond, WA) and the concepts of Natural User Interface and Open Natural Interaction. **Results:** RehabGesture can measure and record the ROM during rehabilitation sessions while the user interacts with the virtual reality environment. The software allows the measurement of the ROM (in the coronal plane) from 0° extension to 145° flexion of the elbow joint, as well as from 0° adduction to 180° abduction of the glenohumeral (shoulder) joint, leaving the standing position. The proposed tool has application in the fields of training and physical evaluation of professional and amateur athletes in clubs and gyms and may have application in rehabilitation and physiotherapy clinics for patients with compromised motor abilities. **Conclusions:** RehabGesture represents a low-cost solution to measure the movement of the upper limbs, as well as to stimulate the process of teaching and learning in disciplines related to the study of human movement, such as kinesiology.

**Key words:** gestual interaction, gesture recognition, human movement, rehabilitation, telemedicine

#### Introduction

Long-distance information exchange allows the spread of knowledge independent of geographical barriers and provides a means for dialogue with a distant expert. Telemedicine concepts are approached when this exchange of knowledge is related to health promotion, disease prevention, and continuing education of health professionals. According to the World Health Organization, the four authentic elements of telemedicine are (1) to provide clinical support, (2) to overcome geographical barriers, connecting users who are not in the same physical location, (3) to use several types of information and communication technologies, and (4) to improve health outcomes.<sup>1</sup>

Telerehabilitation is a branch within telemedicine intended to offer ways to increase motor and/or cognitive stimuli, aimed at faster and more effective recovery of given disabilities, and to measure kinematic data such as the improvement in range of motion (ROM). However, systems for ROM measurement such as OptoTrak, Motion Capture, Motion Analysis, Vicon, and Visual 3D are so expensive that they become impracticable in public health systems and even in private rehabilitation clinics.

In this work we present a virtual tool called RehabGesture, which allows healthcare specialists to remotely acquire and record ROM information of patients in rehabilitation using a tool based on the Kinect<sup>®</sup> (Microsoft, Redmond, WA) device (inexpensive) and technology for real-time data transmission optimized by the libGlass library (<http://libglass.sourceforge.net/>).

This article is organized as follows. First, we present the computational tools used for the development of the virtual application, called RehabGesture, that allows the measurement of the motion range and records data in spreadsheets. Then we present a proposal for telerehabilitation using the libGlass library. Finally, we present a discussion comparing RehabGesture with other gesture recognition tools and draw a conclusion.

#### Materials and Methods

The RehabGesture application was developed in a multidisciplinary study in the Laboratory of Immersive, Interactive and Collaborative Visualization of the Computer Science

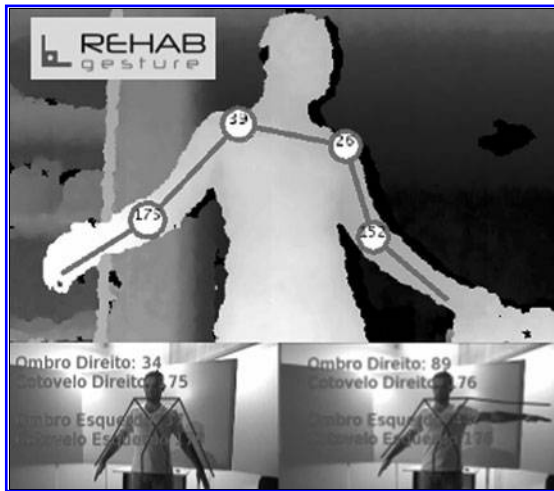


Fig. 1. Interface of the RehabGesture application.

Department of our institution, which is linked to the Graduate Program in Biotechnology and Computer Science. The study was approved by the Ethics Committee on Human Research of the institution, with application approval number CAAE 11319712.4.0000.5504, supported by the Center for Science and Technology of the Federal University of Sao Carlos.

In the development of the RehabGesture tool, we used the gesture recognition sensor Kinect<sup>2</sup> and the concepts of Natural User Interface (NUI) and Open Natural Interaction (OpenNI and NiTE). These concepts are described below.

**NUI**

NUI is the name used by computer designers and developers to refer to the interaction with the computer in an effectively invisible mode. Most computer interfaces use artificial control devices such as an alphanumeric keyboard. A NUI interface only requires the user to be able to interact with the environment through interactions previously known to him or her, for example, gestures and voice.<sup>3</sup> This type of interface also requires learning, but this is easier, given that the communication through gestures is something inherent to human beings.

**OPENNI**

OpenNI is a framework that provides an application programming interface for development of applications that use natural interaction.<sup>4</sup> This application programming interface covers the communication with low-level devices (vision

**Table 1. Data on Range of Motion Recorded in Spreadsheets and Separated by Joint (Shoulder/Elbow) and Side (Right/Left)**

FRAME	RSA	REA	LSA	LEA
1	28.32	171.69	22.75	178.2
2	28.39	171.92	22.45	178.64
4	28.38	171.85	21.78	176.63
8	28.61	171.48	21.62	176.58
10	28.77	169.32	22	174.06
15	60.65	161.19	63.27	159.39
20	84.89	159.68	85.38	161.46
25	93.46	163.05	87.72	160.39
30	94.02	161.36	87.65	158.62

LEA, left elbow angle; LSA, left shoulder angle; REA, right elbow angle; RSA, right shoulder angle.

sensors and audio) and high-level solutions (visual tracking using computer vision). The framework is written and distributed under the GNU Lesser General Public License, with source code freely distributed and available to the public.

**NATURAL INTERACTION MIDDLEWARE (NITE)**

NiTE middleware is used by the OpenNI framework and was developed by PrimeSense. (The PrimeSense Company was acquired by Apple [Cupertino, CA] in 2013.) It is distributed as closed source but is free to use in the development of commercial applications. NiTE is responsible for processing user input obtained by the OpenNI framework, converting it to gestures.<sup>5</sup> The middleware provides two types of tracking: one

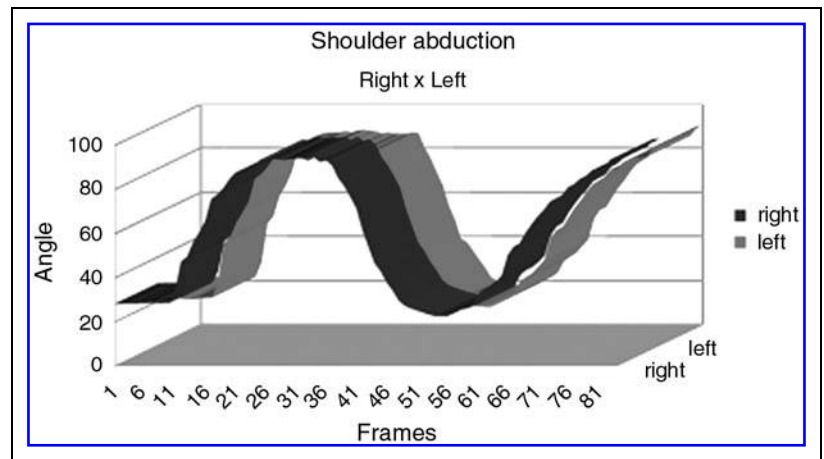


Fig. 2. Shoulder abduction in the same individual.

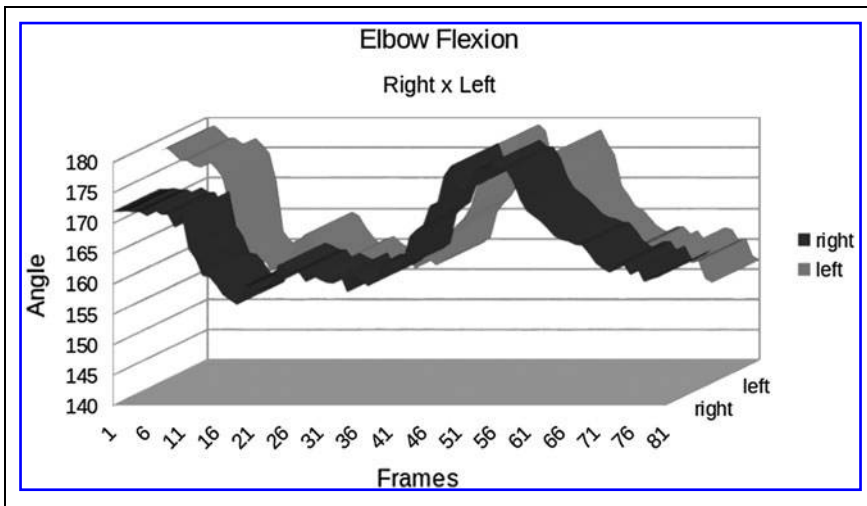


Fig. 3. Elbow flexion in the same individual.

for hands, capable of detecting gestures like a push, wave and circle; and one for the human body, which allows tracking of the entire body, providing information on the main body joints. The precision of gestures is limited by the sensor device, and the tracking by cameras is not as accurate as mechanical devices, such as mouse and keyboard.

**LIBGLASS LIBRARY**

The development of RehabGesture has been proposed by means of the libGlass library.<sup>6</sup> libGlass is a library for distributed and cloud computing, focused on high performance and high-performance applications, especially virtual and augmented reality. The components used in the development of the RehabGesture collaborative module are as follows:

- *Event*. This is responsible for sharing events between distributed applications, such as mouse clicks and key-strokes on the keyboard.
- *Shared variable*. This allows primitive data types to be shared, such as int, float, strings, and others.
- *Barrier*. This is designed to provide synchronization among collaborative environments (two or more).

**REHABGESTURE**

The study of the angular movement of a body segment demands kinematic parameters, such as the ROM. The coordination of an individual allows for precise movement mainly through dynamic contraction (isotonic), where the force developed by the muscle is higher or lower than the resistance. This force allows the control of the movement against gravity (concentric contraction) or with gravity (eccentric muscle action). This part of the RehabGesture application was based

on the open-source software KineticSpace,<sup>7</sup> but, unlike this open-source software, our application returns ROM measures of joints of the shoulders and elbows from the coronal plane.

**TELEREHABILITATION**

The rehabilitation process conducted in a hospital is the most desired activity for a person with a motor impediment; however, this cannot be always achieved. In these cases telerehabilitation can be used. One of the main objectives of telerehabilitation is to provide a continuation of the patient’s rehabilitation process independently of the place where he or she might be, for example, at his or her home. Nowadays, communication

technologies are capable of performing services such as transfer of audio/video and graphics data in real time with no big problems.<sup>8</sup>

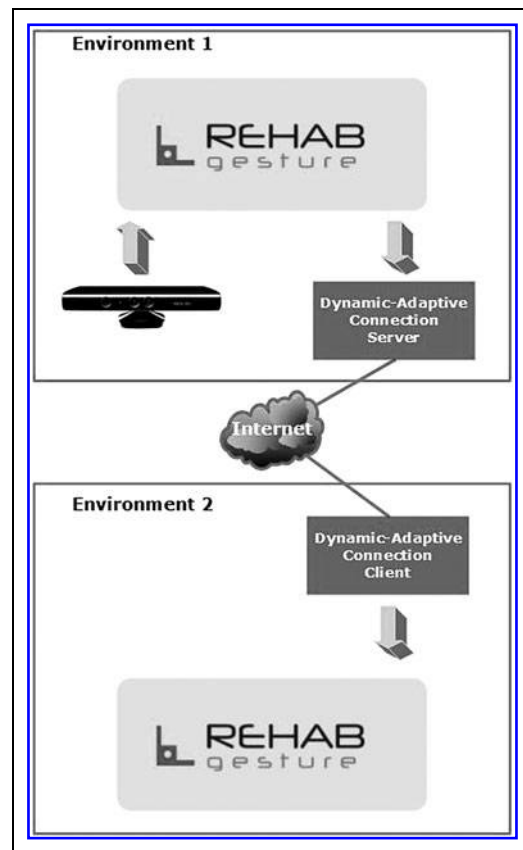


Fig. 4. Representation of the connection model server/client used in RehabGesture.

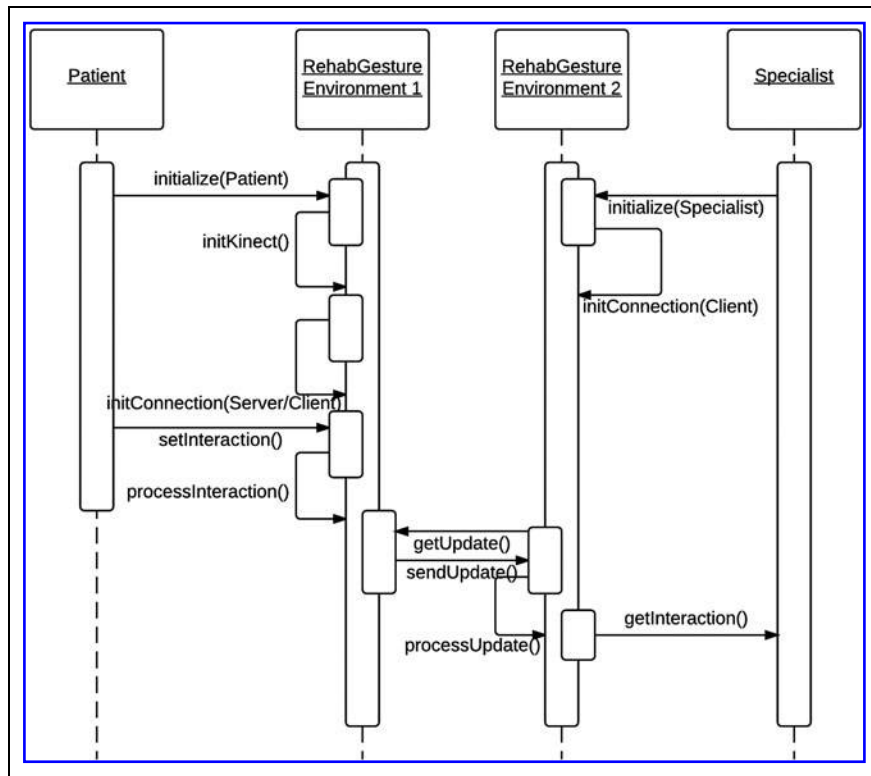


Fig. 5. Unified Modeling Language sequence diagram of RehabGesture (for tele-rehabilitation).

In order to allow users to carry out collaborative activity on the RehabGesture application, a collaborative architecture was used to develop a telepresence system module. The development model used in this work was proposed by Dias et al.,<sup>9</sup> which consists of a connection architecture for three-dimensional collaborative virtual environments based on a client/server and peer-to-peer model, called the Dynamic-Adaptive Connection Model, which allows virtual environments to be used collaboratively, performing evaluations over connections in order to ensure quality of service over the connection among different sites.

**Results**

**REHABGESTURE**

Figure 1 shows the RehabGesture interface, including the ROM values in degrees, labeled inside circles in the joints of the elbow and shoulder. The RehabGesture logo is represented by a figurative image (an angle of 90°) on the upper left corner of Figure 1. This has trademark registration at the Instituto Nacional de Propriedade Industrial of Brazil with approval number 909054541/2015 and software registration, also at the Instituto Nacional de Propriedade Industrial, with approval number BR 51 2015 000130 2.

The software allows the measurement of the ROM (in the coronal plane) from 0° extension to 145° flexion of the elbow joint and from 0° abduction to 180° abduction of the glenohumeral (shoulder) joint, leaving the standing position. The movement of abduction goes through three stages: first stage, 0–60° is performed solely by the shoulder joint; second stage, 60–120° is performed by the shoulder joint with participation of the scapulothoracic joint; and third stage, 120–180° combines trunk inclination with the other joints mentioned above.

Table 1 shows the ROM values recorded at 30 Hz (frames/s). Just a few frames are presented to illustrate the data recording feature of the tool. Data are shown for right shoulder angle, right elbow angle, left shoulder angle, and left elbow angle.

From the data acquired, it is possible to create charts (Figs. 2 and 3) to compare differences between movements for the same person (shoulder or elbow joint, right versus left) or among patients undergoing the same therapy, allowing health professionals (kinesiology experts) to create a database.

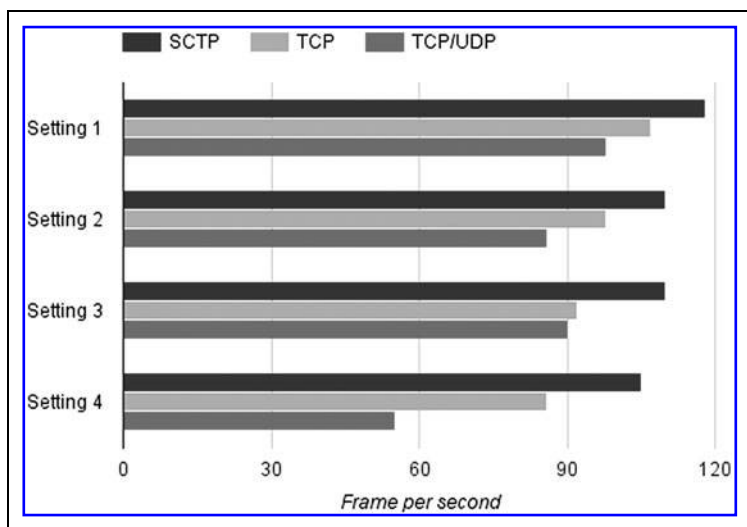
**TELEREHABILITATION**

Figure 4 presents the connection model that provides collaboration between two different locations. Environment 1 runs an instance of RehabGesture, which is set as a PeerServer (patient), which provides updated values generated by RehabGesture to other environments. Environment 2 also runs an instance of RehabGesture, which is defined as a Client (health specialist). The environment presented in Figure 4 shows that everything done by the patient during his or her telerehabilitation (Environment 1) is monitored by a specialist using Environment 2. The type of message used in the

Table 2. Message Exchange Values Between Environments for the RehabGesture Application

PLUGIN	ENVIRONMENT 1		ENVIRONMENT 2 (NETWORK)
	SERVER	SHARED MEMORY	
Shared	60	30	30
Barrier	60	30	30

Data are in messages per second.



**Fig. 6.** Data network adversities versus RehabGesture requirements. Sctp, Stream Control Transmission Protocol; TCP, Transmission Control Protocol; UDP User Datagram Protocol.

development of RehabGesture was the synchronous one, so every time Environment 1 sends a message to Environment 2, it receives the updated data in the next frame.

The initialization sequence required for both environments is presented in Figure 5. According to the Unified Modeling Language sequence diagram, the patient initializes the Environment 1 as a Server, so the RehabGesture Environment 1 initializes the tracking module and the Connection Module (as a Server). From this moment on, every interaction generated by the patient is sent to the other environments, in this case Environment 2. Environment 2 is initialized by the specialist (as a Client), who can then monitor the patient’s activity.

For environments based on the Internet, which is the case presented in this article, the solution proposed by Dias et al.<sup>9</sup> provides quality of service over the connection. Table 2 presents the values sent by Environment 1, as well as the ones received by Environment 2. RehabGesture renders the virtual environment in a 30 frames/s rate, so the message exchanging rate between the environments is high. Environment 1 sends updated messages at each frame, and it maintains the session data if the specialist desires (it is not default). In the same way, at each frame, Environment 2 requests updated data to Environment 1, which is guaranteed by means of sync barriers.

Environment 1 (Server instance) sends updated messages during all the execution time (60 messages/s) to Environment 2 and Environment 1 (Client instance). Regarding barriers, Environment 1 sends 60 messages/s. Given that even on the Server side a Client instance is run, a model of shared memory is applied; however, it is an internal behavior of libGlass, not necessary for the RehabGesture execution to worry about.

Environment 2 never sends messages because it only makes some requests for synchronization and updated data. RehabGesture exchanges messages between different sites in real time. The lag time considered is the data network delay.

Regarding the messages exchange between Environments 1 and 2, communication solutions provided by libGlass were used. Three different communication protocols were evaluated: Stream Control Transmission Protocol, Transmission Control Protocol, and User Datagram Protocol. Figure 6 shows the results of the environments execution for the three communication protocols and different data network configurations, on which Setting 1 is the best and Setting 4 is the worst. Table 3 presents the three main adversities related to data networks, which are delay, jitter, and loss of package.

According to Figure 6, the Stream Control Transmission Protocol communication protocol proved to be the most appropriate choice for the RehabGesture requirements, for having characteristics favorable to real-time applications that require high data rate exchange.

### Discussion and Conclusions

The Kinect device, launched in November 2010, has since been actively used to complement rehabilitation sessions, encouraging human-computer interaction in a physically active way. In this work we propose the integration of the Kinect device in a tool, RehabGesture, for physical assessment in general, considering the study of human movement, and providing a communication between the therapist and the patient in virtual reality environments. The Kinect device eliminates the use of markers for the measurement of body movements, representing a practical and low-cost solution.

RehabGesture can measure and record the ROM during rehabilitation sessions while the user interacts with the virtual reality environment. Thus, it allows the therapist to evaluate both the limitation of movements and the evolution of the ROM gain of the shoulder and elbow joints in the coronal plane. The proposed tool has application in the fields of

SETTING	DELAY (MS)	JITTER (MS)	LOSS (%)
1	100	10	1
2	200	15	3
3	400	10	0.1
4	500	20	1

**Table 4. Comparison Among Gesture Recognition Software Solutions**

SOFTWARE	WIN	LINUX	MAC	RANGE OF MOTION
FAAST	Yes	No	No	No
KineticSpace	Yes	Yes	Yes	No
RehabGesture	Yes	Yes	Yes	Yes

FAAST, Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit.

training and physical evaluation of professional and amateur athletes in clubs and gyms and may have application in rehabilitation and physiotherapy clinics for patients with compromised motor abilities.

RehabGesture is not the only available tool for measuring ROM and providing feedback about the user gestures. For example, KineticSpace is a tool that allows recording and recognizing gestures from the Kinect sensor, providing visual feedback that allows the user to identify whether a gesture is the same movement that was previously standardized.<sup>7</sup> Despite this feature, KineticSpace does not present the ROM values in real time and does not allow remote interaction between patient and therapist in the same virtual environment. On the other hand, the Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit is a middleware to facilitate user interaction with virtual reality environments by means of a Kinect sensor. The user can implement motor gestures as input and determine keyboard keys or mouse buttons as output. This allows the user to control the computer from motor gestures, even if the user does not have programming skills.<sup>10,11</sup> Like KineticSpace, the Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit middleware does not show the ROM values in real time, does not allow remote interaction between the patient and the therapist on the same virtual environment, and also does not provide a comparison between a standardized movement and the movement executed by the patient. *Table 4* presents a comparison between the aforementioned software tools and RehabGesture, emphasizing the innovations brought by RehabGesture.

More studies are necessary to indicate the use of RehabGesture in the clinical environment. However, RehabGesture represents a low-cost solution to measure the movement of the upper limbs and to stimulate the process of teaching and learning in disciplines related to the study of human movement, such as kinesiology. The next research goals with RehabGesture are to expand data acquisition to other major joints of the human body, such as hip and knee, and to include the measurement of ROM in the sagittal plane to all the measured joints.

## Acknowledgments

This research was supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. The authors acknowledge the contribution of Matheus M. Ramos, a visual programmer at the Federal University of Sao Carlos, who helped elaborate the RehabGesture logo.

## Disclosure Statement

No competing financial interests exist.

## REFERENCES

- World Health Organization. Telemedicine: Opportunities and developments in member states. Available at [http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241564144\\_eng.pdf?ua=1](http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241564144_eng.pdf?ua=1) (last accessed April 29, 2015).
- Kinect Sensor. Microsoft robotics: Depth camera | Webcam sensor. Available at <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/nh438998.aspx> (last accessed May 14, 2015).
- Liu W. Natural User Interface—Next mainstream product user interface. Computer-Aided Industrial Design Conceptual Design (CAIDCD). In: *IEEE 11th International Conference*. Piscataway, NJ: IEEE, 2010;(1):203–205.
- OpenNI. Open-source sdk for 3d sensor. Available at [www.openni.ru/openni-sdk/index.html](http://www.openni.ru/openni-sdk/index.html) (last accessed May 1, 2015).
- NiTE. NiTE middleware libraries. Available at [www.openni.ru/files/nite/index.html](http://www.openni.ru/files/nite/index.html) (last accessed May 1, 2015).
- Glass Library. Available at <http://sourceforge.net/projects/libglass/> (last accessed May 14, 2015).
- KineticSpace. Training, analyzing and recognizing 3D gestures. Available at <https://code.google.com/p/kineticspace/> (last accessed April 29, 2015).
- Rizzo A, Requejo P, Winstein CJ, Lange B, Ragusa G, Merians A, Patton J, et al. Virtual reality applications for addressing the needs of those aging with disability. *Stud Health Technol Inform* 2011;163:510–516.
- Dias DRC, Durelli RS, Brega JRF, Gnecco BB, Trevelin LC, Guimarães MP. Data network in development of 3D collaborative virtual environments: A systematic review. In: *Computational Science and Its Applications—ICCSA 2014. Lecture Notes in Computer Science*. 2014;8579:769–785.
- Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit. Available at <http://projects.ict.usc.edu/mxr/faast/> (last accessed April 29, 2015).
- Suma EA, Krum DM, Lange B, Koenig S, Rizzo A, Bolas M. Adapting user interfaces for gestural interaction with the flexible action and articulated skeleton toolkit. *Comput Graphics* 2013;37:193–201.

Address correspondence to:  
**Alexandre F. Brandão, MSc**  
**Biotechnology PhD Program**  
**Federal University of Sao Carlos**  
**Highway Washington Luis, km 235 SP-310**  
**Sao Carlos, SP 13565-905**  
**Brazil**

E-mail: [brandaobiotech@gmail.com](mailto:brandaobiotech@gmail.com)  
[alexandrebrandao@ufscar.br](mailto:alexandrebrandao@ufscar.br)

Received: July 19, 2015  
 Accepted: September 3, 2015



# Artigo GestureCollection

Journal of Health Informatics  
<http://www.jhi-sbis.saude.ws>

Decisão sobre o artigo submetido à revista Journal of Health Informatics,  
"GestureCollection for Motor and Cognitive Stimuli: Virtual Reality and e-Health prospects"

**Decisão**

**Aceitar 2017-10-02**

## **GestureCollection for Motor and Cognitive Stimuli: Virtual Reality and e-Health prospects**

GestureCollection para estímulos motores e cognitivos: Realidade Virtual e perspectivas para e-Saúde

GestureCollection para estímulos motores y cognitivos: Realidad Virtual y perspectivas para la salud electrónica

### **Abstract**

*The conventional way of human-computer interaction, using mouse and keyboard, is regarded as a sedentary process. The individual remains seated and is subjected to the musculoskeletal disorders related to work on the computer. Objective: To present GestureCollection, a set of applications designed to offer cognitive stimuli and motor coordination, through an unconventional way of human-computer interaction. Materials and Methods: The applications were based on Natural User Interface, Open Natural Interaction and gesture recognition from depth images provided by the Kinect sensor. Results: GestureCollection contains three applications (GesturePuzzle, GestureChess and GestureMaps) that allow gestural interaction with virtual reality environments through movements of upper and lower limbs. Conclusions: This set of applications allows muscle recruitment in different ranges of movement and speed of execution, besides showing potential to reduce the monotony of motor therapy.*

**Keywords:** Virtual Reality, Gestural Interaction and Human Movement.

**DeCS Descriptor:** User-Computer Interface, Motor Activity and Health Promotion

### **Resumo**

*A forma convencional de interação humano-computador, usando mouse e teclado, é considerada um processo sedentário. O indivíduo permanece na posição sentada e está sujeito a distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho no computador. Objetivo: Apresentar o conjunto de aplicativos GestureCollection, desenvolvido para oferecer estímulos cognitivos e motores, por meio de uma forma não convencional de interação homem-computador. Materiais e Métodos: Os aplicativos foram baseados na Interface Natural de Usuário, Interação Natural Aberta e reconhecimento de gestos a partir de imagens de infravermelho fornecidas pelo sensor Kinect. Resultados: GestureCollection contém três aplicativos (GesturePuzzle, GestureChess e GestureMaps) que permitem a interação gestual com ambientes de realidade virtual através de movimentos de membros superiores e inferiores. Conclusão: Este conjunto de aplicativos permite o recrutamento muscular em diferentes amplitudes de movimento e velocidade de execução, além de mostrar potencial para reduzir a monotonia da terapia motora.*

**Palavras-chave:** Realidade Virtual, Interação Gestual e Movimento Humano.

**Descritor DeCS:** Interface Humano-Computador, Atividade Motora e Promoção da Saúde

### **Resumen**

*La forma convencional de interacción hombre-computadora, utilizando el mouse y el teclado, se considera un proceso sedentario. El individuo permanece sentado y se somete a los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo en su computadora. Objetivos: Presentar el conjunto de aplicaciones GestureCollection, diseñado para ofrecer estímulos cognitivos y motores, a través de una forma no convencional de interacción hombre-computadora. Materiales y Métodos: Las aplicaciones se basaron en Interfaz de Usuario Natural, Interacción de Interfaz Abierta y reconocimiento de gestos a partir de imágenes de profundidad proporcionadas por el sensor Kinect. Resultados: GestureCollection contiene tres aplicaciones (GesturePuzzle, GestureChess y GestureMaps) que permiten la interacción gestual con entornos de realidad virtual a través de movimientos de miembros superiores e inferiores. Conclusiones: Este conjunto de aplicaciones permiten el reclutamiento muscular en diferentes amplitudes de movimiento y velocidad de ejecución, además de mostrar potencial para reducir la monotonía de la terapia motora.*

**Palabras clave:** Realidad Virtual, Interacción Gestual y Movimento Humano.

**Descritor DeCS:** Interfaz Usuario-Computador, Actividad Motora y Promoción de la Salud

## **INTRODUCTION**

Currently, there are technologies using virtual environments that stimulate some of the sensory systems and contribute to the maintenance of physical conditioning of the individual. These digital systems, presented as e-Health solutions, can provide users with a non-conventional way (without using keyboard and mouse) to interact with virtual environments, by using gestural interfaces. Using gestures to command a computer is intuitive, physically active and essentially playful. Thus, the use of this technology can help fight the sedentary lifestyle, providing a paradigm shift in the interaction of young people with virtual environments and incorporating specific techniques to be used for cognitive and functional rehabilitation.

With the passing of age, the contemporary man develops diseases (such as osteoporosis, obesity and heart disease) that can be prevented by regular physical activity. The current scenario of physical inactivity is associated with public health problems and increase of noncommunicable diseases, such as atherosclerosis and type 2 diabetes. Considering culture and lifestyle as strategies for the prevention and promotion of health, this work aims to present a way to control virtual environments with physical activities that recruit muscle groups of upper and lower limbs, so that an increase in blood circulation and consequently in energy expenditure is promoted. The set of applications here introduced, called GestureCollection, has the general objective of providing a form of interaction with the machine through gesture movements, in order to increase daily physical activity with higher

energy expenditure when compared to conventional interaction (mouse and keyboard), enabling a paradigm shift in the form of Human-Computer Interaction in the medium and long term.

This paper is organized as follows: first, the computational tools used for the development of the virtual applications are presented; then the applications that compose the collection: GesturePuzzle, GestureChess and GestureMaps, are discussed; and finally, a discussion is offered and a conclusion is drawn.

## **MATERIALS AND METHODS**

The set of GestureCollection applications was developed in a multidisciplinary study in the Laboratory of Immersive, Interactive and Collaborative Visualization (LaVIIC) of the Computer Science Department of Federal University of Sao Carlos (UFSCar), which is linked to the Graduate Program in Biotechnology and Computer Science. The study was approved by the Ethics Committee on Human Research of the institution, under the Process number – CAAE 11319712.4.0000.5504, supported by the Center for Science and Technology / UFSCar.

In the development of the GestureCollection toolbox, the recognition sensor Kinect<sup>(1)</sup> was used, as well as the concepts of Natural User Interface (NUI) and Open Natural Interaction (OpenNI and NiTE), which are described below. The applications were written in the computer language Java and they run on Linux OS.

### **Body tracking device**

The Kinect device consists of several electronic components that make it a gesture recognition sensor in real-time. This device has been explored and applied in other areas outside of entertainment, and has been highly diffused among applications that require body tracking, including the areas of health and education. Shotton and colleagues<sup>(2)</sup> highlighted the importance of fragmenting the skeleton parts for greater accuracy in tests with image recognition in humans. In this work, the tracked points that were used to animate avatars or control the interface were: hands, torso, hips and knees.

### **Natural User Interface – NUI**

NUI is the name used by computer designers and developers to refer to the interaction with the computer in an effectively invisible mode. Most computer interfaces use artificial control devices such as an alphanumeric keyboard. A NUI only requires the user to be able to interact with the environment through interactions previously known to him, for example, gestures and voice<sup>(3)</sup>. This type of interface also requires learning, but this is easier, given that the communication through gestures is something inherent to human beings.

### **Open Natural Interaction – OpenNI**

The OpenNI is a framework that provides an Application Programming Interface (API) for development of applications that use natural interaction<sup>(4)</sup>. This API covers the communication with low-level devices (vision sensors and audio) and high-level solutions (visual tracking using computer vision). The framework is written and

distributed under the GNU Lesser General Public License (LGPL), with source code freely distributed and available to the public.

### Natural Interaction Middleware – NiTE

NiTE middleware is used by the OpenNI framework, and was developed by Prime Sense<sup>1</sup>. It is distributed as closed source, but free to use in the development of commercial applications. NiTE is responsible for treating user input obtained by the framework OpenNI, converting it to gestures<sup>(5)</sup>. The middleware provides two types of tracking: one for hands, capable of detecting gestures like a push, wave and circle; and one for the human body, which allows tracking of the entire body, providing information on the main body joints. The precision of gestures is limited to the sensor device and the tracking by cameras is not as accurate as that done by mechanical devices, such as mouse and keyboard.

The GestureCollection applications were developed in the C/C ++ programming language (GestureChess) and Java programming language (GesturePuzzle and GestureMaps). Figure 01 shows the standard development model used for the design of the applications. The model consists of three main modules: OpenNI, UIINPUT and proposed applications.

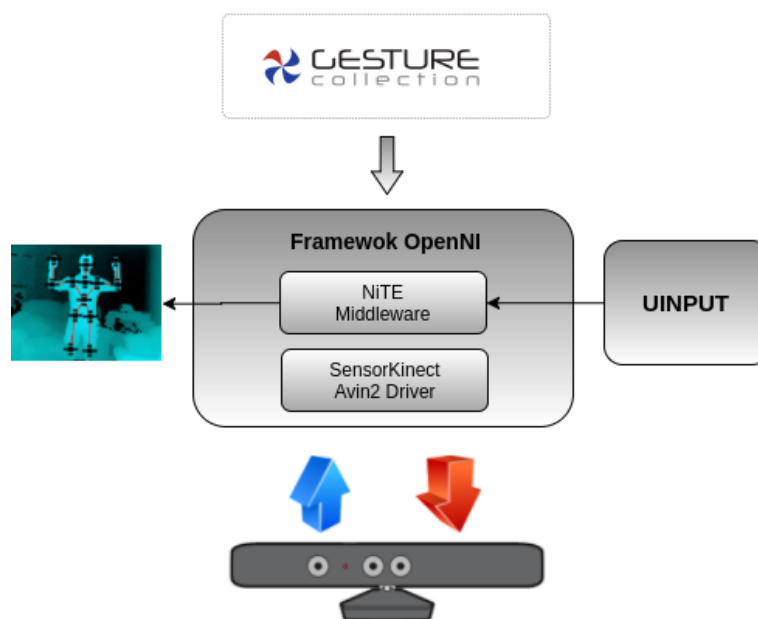


Figure 01: Natural Interface modules input for GestureCollection applications.

The OpenNI framework is used as a communication interface between the application and the Kinect device. However, the use of a specific driver (Sensor Driver Avin 2) was necessary to enable communication between the device and the applications. The UIINPUT is used to convert the signals provided by Kinect to input commands compatible with the operating system.

<sup>1</sup> Prime Sense company was acquired by Apple in 2013.

## RESULTS

### GestureCollection

GestureCollection is a set of tools consisting of three applications that allow human-computer interaction through motor gestures (1. GesturePuzzle; 2. GestureChess and 3. GestureMaps). GestureCollection provides motor and cognitive stimuli in teaching-learning situations, neuromuscular rehabilitation and physically active entertainment. The logo of the toolbox is shown in Figure 02, where the pinwheel represents the idea of movement (trademark registration with Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) / Brazil, under Process Number 909054703/2015).



*Figure 02: High contrast logo (red/white) and logo (lower right corner) proposed for GestureCollection.*

It is important to mention that all the applications that are part of GestureCollection have been registered in INPI, both software and trademark. The INPI software and trademark registration protocols are:

1. GesturePuzzle: BR 51 2014 001378 2 and 909054703/2015;
2. GestureChess: BR 51 2014 001377 4 and 909054460/2015;
3. GestureMaps: BR 51 2014 001376 6 and 909054410/2015.

### GesturePuzzle

The development of the GesturePuzzle application focused on the implementation of a control interface of a puzzle game by means of hand movement. The objective is to order the pieces with the movement of the upper limbs. The natural movement to hold and drop the pieces is reproduced for achieving a reality feeling, allowing the user to freely explore the shoulder joint in all planes (coronal, sagittal and transversal) and ranges of motion. The shoulder joint complex is classified as a diarthrodial joint (freely movable), which has three degrees of freedom and a large amplitude of motion with rotation in three orthogonal axes: X, Y and Z. Although skeletally weak due to looseness of the fibrous capsule surrounding the joint, the three glenohumeral ligaments (upper, middle and lower) strengthen their structure in conjunction with the extension from the muscle tendons: teres major and pectoralis major. The application startup follows the activities shown in Figure 03.

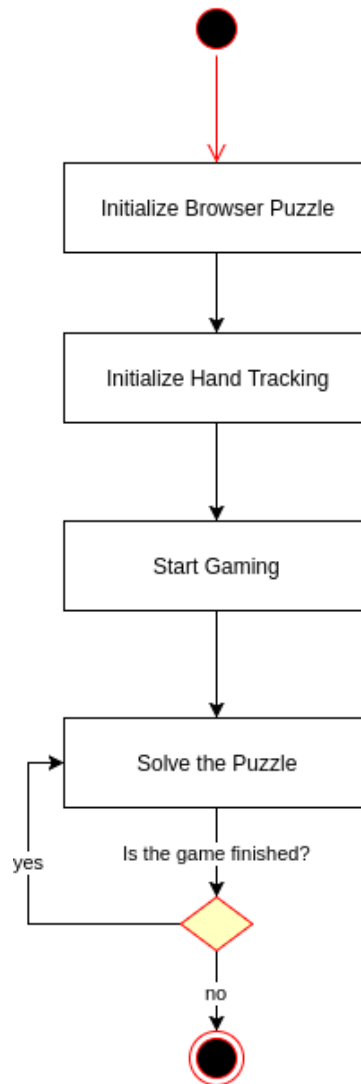


Figure 03: UML activity diagram of GesturePuzzle.

Figure 04 shows a subject using this application. The logo for GesturePuzzle is shown in the lower right corner of this figure, where the figurative image represents geometric elements, as in a game to fit pieces.



Figure 04: Example of subject playing GesturePuzzle, an application that can control a virtual puzzle using body gestures (upper limbs).

## GestureChess

Created for the control of a chess game, as well as for control of the computer itself with hand movements, the GestureChess application aims to explore the concept of Dual Task, with simultaneous cognitive and motor stimulation. With GestureChess running, the first push of movement creates virtual spatial coordinates (0, 0), and from this point the software associates the hand movements traced to the mouse coordinates. To set the mouse pointer motionless, the user needs to return the hand to the initial position (where the values for X, Y are 0).

To ensure accessibility for people with different motor skills, a method for increasing the cursor position was implemented. A small hand movement away from the spatial coordinate (0, 0) allows the mouse pointer to also move, but from its present position, incrementally. To stop the pointer motion, the user must reposition the hand again at the (0, 0) point. This allows moves to be performed all across the board, even if the user has limitations in the range of motion. The application startup follows the activities shown in Figure 05.

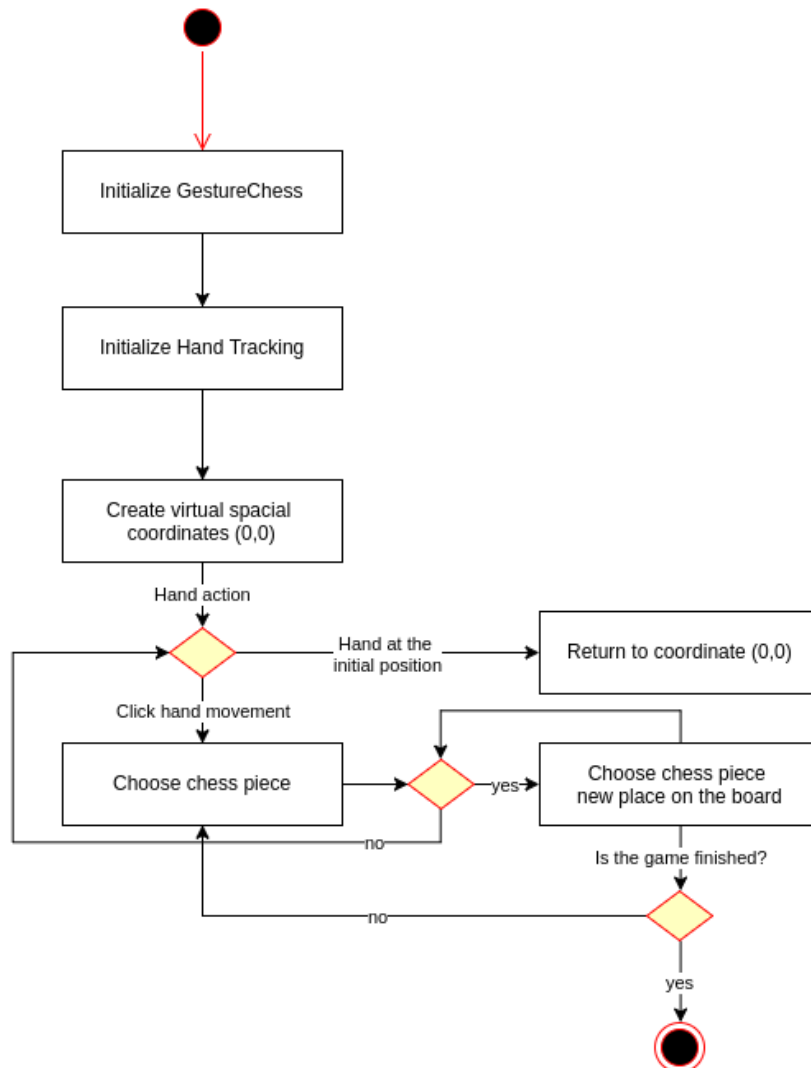


Figure 05: UML activity diagram of GestureChess

An example of the GestureChess application is shown in Figure 06, with the respective logo shown in the upper left corner of this figure. The figurative image in this logo represents a stylized chess game.



*Figure 06: Subject playing GestureChess, using arm/hand movements (upper limbs) to control the application.*

## **GestureMaps**

The GestureMaps application aims to provide virtual, spatial and geographical exploration through the Google Street View tool. The control is performed by movements related to stationary gait, with flexion of the hip and knee corresponding to a minimum displacement of 15 centimeters between the initial position and end of the patella, allowing the user to move the virtual map. The change of direction is allowed by trunk rotation to the desired side. Figure 07 shows a subject using this application, with the respective logo shown in the bottom center. The figurative image in the logo represents a map marker, characteristic of Google Street View.



*Figure 07: Subject using the GestureMaps application that can control Google Street View using legs' (lower limbs) movements.*



The application startup follows the activities shown in Figure 08, where the user must indicate the address to be explored on Google Street View (it must be connected to the internet). From this moment, the body tracking of the user in the standing position begins; an avatar is created and the user must perform a movement of 90° of shoulder abduction and 90° of elbow flexion (in the coronal plane), without “walking”, to start the gestural control of the application. After this step, the user can navigate through the virtual map of Google Street View using the motions of stationary gait and trunk rotation, described above.

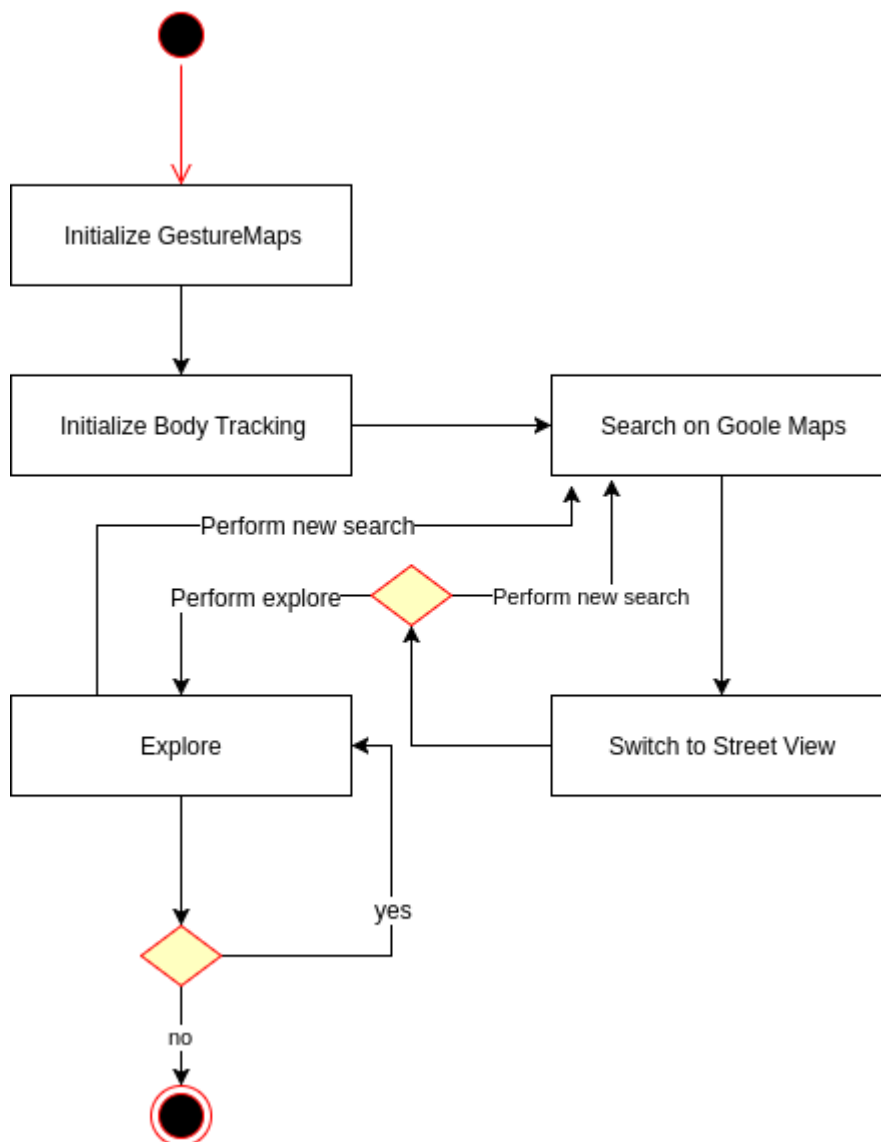


Figure 08: UML activity diagram of GestureMaps.

Table 01 presents the forms of interaction (considering the position and the body region that controls particular application) allowed by the different GestureCollection tools, with the corresponding motion intensity required and the type of associated stimulus.

*Table 01: GestureCollection capabilities.*

<b>Capability</b>	<b>Gesture Puzzle</b>	<b>Gesture Chess</b>	<b>Gesture Maps</b>
Upper Limbs	Yes	Yes	No
Lower Limbs	No	No	Yes
Trunk Rotation	No	No	Yes
Standing Position	Yes	Yes	Required
Sitting Position	Yes	Yes	No
Range of Motion	High	Low	Medium
Motor Coordination	Low	High	Low
Cognitive Stimulus	Low	High	Medium

## **DISCUSSION AND CONCLUSION**

Execution of GestureCollection occurs with the user in the standing position, allowing higher energy expenditure due to the recruitment of some muscle groups, especially the erector muscles of the spine responsible for keeping the spine erect and the large leg muscles (quadriceps, biceps femoris, soleus and gastrocnemius). These muscular groups keep the user's position using static contractions (isometric), where the applied muscular strength is equal to the imposed resistance. In contrast to this, the muscle group responsible for coordinating the movements of the upper limbs acts through dynamic contraction (isotonic), where the force applied by the muscle is higher or lower than the resistance; this allows motion control both against gravity (concentric contraction) and in favor of gravity (eccentric muscle action).

The search for new entertainment modalities that contribute to a significant increase in physical activity are of great social interest and better accepted by the population when inserted through games and presented in interactive and immersive environments of Virtual Reality (VR). Maloney and colleagues<sup>(6)</sup> indicated that interactive video games are potentially beneficial for increasing physical activities in children.

VR has been used as a means of rehabilitation and physical assessment in general<sup>(7,8,9)</sup>, more intensely so over the last few years. In relation to the upper limbs, Laver and colleagues<sup>(10)</sup> have indicated better results in the rehabilitation of motor function when conventional therapy is associated with VR applications in stroke patients ; they considered the recovery of cognitive function, gait, balance and daily life activities. Ustinova and colleagues<sup>(11)</sup> demonstrated that the use of gesture recognition increased the postural coordination of upper limbs in patients with traumatic brain injury. Other studies have pointed out the benefits of using the Kinect device in rehabilitation of children with cerebral palsy and muscular atrophy<sup>(12)</sup> and the effectiveness of VR associated with conventional therapy in the treatment of upper limb in patients who

suffered a stroke with different levels of severity<sup>(13)</sup>. VR is capable of stimulating several sensory systems of the human body, including forms of visual and auditory perception, which facilitate the entry of information to the brain; it can be used together with other therapeutic interventions to increase the complexity of the task requested during the rehabilitation process<sup>(14)</sup>.

The GestureCollection toolkit is presented here as a set of e-Health solutions for sedentary lifestyle prevention and health promotion; it can complement the rehabilitation process and promote user interaction with the virtual environment in a playful and physically active way. The underlying proposal includes an increase of physical activity during the interaction with computer systems, opposing the sedentary lifestyle. Research works that combine physical activity and VR point to promising results in different situations relating to the health areas. Nevertheless, GestureCollection has yet to be tested in a randomized and controlled way, over a representative sample of the population, in order to demonstrate the effects of this specific technology, to influence the creation of new therapies based on VR that can complement the rehabilitation process, and to consolidate the effectiveness of VR treatment in the medium and long term.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

This research was supported by FAPESP (*Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo*) through the Brazilian Institute of Neuroscience and Neurotechnology (BRAINN – RIDC FAPESP <http://cepid.fapesp.br/en/centro/11/>) and CAPES (*Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*). The authors acknowledge the contributions of Matheus M. Ramos, a Visual Programmer (UFSCar) who helped elaborate the logos Gesture's (Figures 01 – 05) and Gustavo J. C. Brasil who helped design the software application.

## **DISCLOSURE STATEMENT**

No competing financial interests exist.

## **REFERENCES**

1. Kinect Sensor. Microsoft Robotics: Depth Camera | Webcam Sensor. Accessed on May 2015. <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh438998.aspx>
2. Shotton J, Fitzgibbon A, Cook M, Sharp T, Finocchio M, Moore R, Kipman A, and Blake A. Real-time human pose recognition in parts from single depth images. In Research Microsoft pubs, 2011; (3): 1-8. Accessed on April 2015. <http://research.microsoft.com/pubs/145347/BodyPartRecognition.pdf>
3. Liu W. Natural user interface – next mainstream product user interface. Computer- Aided Industrial Design Conceptual Design (CAIDCD). In: IEEE 11th International Conference, 2010; (1): 203-205.
4. OpenNI. Open-source sdk for 3d sensor. Accessed on May 2015. <http://www.openni.ru/openni-sdk/index.html>
5. NiTE. NiTE middleware libraries. Accessed on May 2015. <http://www.openni.ru/files/nite/index.html>

6. Maloney AE, Threlkeld KA, and Cook WL, Comparative effectiveness of a 12-week physical activity intervention for overweight and obese youth: Exergaming with dance revolution. *Games for health journal: Research, development and clinical applications*, 2012; 1(2): 96-103.
7. De Mauro A, Carrasco E, Oyarzun D, Ardanza A, Paloc C, Gil A and Florez J. Virtual Reality System in Conjunction with Neurorobotics and Neuroprosthetics for Rehabilitation. In: *Information Technology and Applications in Biomedicine (ITAB)*, 10th IEEE International Conference, 2010.
8. Paolini G, Peruzzi A, Mirelman A, Cereatti A, Gaukrodger S, Hausdorff JM and Della Croce U. Validation of a Method for Real Time Foot Position and Orientation Tracking with Microsoft Kinect Technology for Use in Virtual Reality and Treadmill Based Gait Training Programs”, In: *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2013 (Epub) / 2014; (5):997-1002 (impress).
9. Li S and Sun J. Application of Virtual Reality Technology in the Field of Sport. *Education Technology and Computer Science (ETCS)*. First International Workshop, 2009; 2: 455-458.
10. Ustinova KL, Leonard WA, Cassavaugh ND and Ingersoll CD. Development of a 3D immersive videogame to improve arm-postural coordination in patients with TBI. *J Neuroeng Rehabil*, 2011, 8:61.
11. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE and Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*, 2011; 9: CD008349.
12. Turolla A, Dam M, Ventura L, Tonin P, Agostini M and Zucconi C. Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*, 2013; 10:85.
13. Chang YJ, Chen SF and Huang JD. A Kinect-based system for physical rehabilitation: a pilot study for young adults with motor disabilities. *Res Dev Disabil*, 2011; 32(6): 2566–2570.
14. Da Silva Cameirão M, Bermúdez i Badia S, Duarte E, Verschure PFMJ. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: A randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the Rehabilitation Gaming System. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 2011, 29:287-298.



## CERTIFICADO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR

Processo: BR 51 2014 001377-4

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL expede o presente Certificado de Registro de Programa de Computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de criação indicada, em conformidade com o art. 3º da Lei Nº 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998, e arts. 1º e 2º do Decreto 2.556 de 20 de Abril de 1998.

Titulo: **GESTURECHESS - GESTURE'S**

Criação: 01 de junho de 2013

Titular(es): FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (45.358.058/0001-40)

Autor(es): ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO (219.846.398-97)  
DIEGO ROBERTO COLOMBO DIAS (336.181.138-46)  
LUIS CARLOS TREVELIN (020.113.868-96)

Linguagem: C, C++

Aplicação: CO-02, ED-06, SD-01, SD-04, SD-06

Tipo Prog.: ET-01, ET-02, FA-01, IT-02, TI-01

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA EM DEPÓSITO SOB SIGILO ATÉ 17/11/2024.

*Os Direitos Patrimoniais relativos ao programa de computador objeto do presente registro foram cedidos dos Criadores para o Titular, na data de 11 de setembro de 2014, conforme documentação*

*A exclusividade de comercialização deste programa de computador não tem a abrangência relativa à exclusividade de fornecimento estatuida pelo art.25. I, da Lei nº8.666, de 21 de Junho de 1993, para fins de inexigibilidade de licitação para compras pelo poder público.*

Expedido em 25 de janeiro de 2016

**Breno Bello de Almeida Neves**

Diretor de Contratos, Indicações Geográficas e Registros





REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**INPI** INSTITUTO  
NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL  
Assinado  
Digitalmente

## CERTIFICADO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR

Processo: BR 51 2014 001376-6

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL expede o presente Certificado de Registro de Programa de Computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de criação indicada, em conformidade com o art. 3º da Lei Nº 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998, e arts. 1º e 2º do Decreto 2.556 de 20 de Abril de 1998.

Título: **GESTUREMAPS - GESTURE'S**

Criação: 01 de março de 2013

Titular(es): FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (45.358.058/0001-40)

Autor(es): ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO (219.846.398-97)  
GUSTAVO JORDAN CASTRO BRASIL (389.268.638-67)  
LUIS CARLOS TREVELIN (020.113.868-96)

Linguagem: JAVA

Aplicação: CO-02, ED-06, SD-01, SD-04, SD-06

Tipo Prog.: ET-01, ET-02, FA-01, IT-02, TI-01

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA EM DEPOSITO SOB SIGILO ATÉ 17/11/2024.

*Os Direitos Patrimoniais relativos ao programa de computador objeto do presente registro foram cedidos dos Criadores para o Titular, na data de 11 de setembro de 2014, conforme documentação*

*A exclusividade de comercialização deste programa de computador não tem a abrangência relativa à exclusividade de fornecimento estatuida pelo art. 25, I, da Lei nº 8.666, de 21 de Junho de 1993, para fins de inexigibilidade de licitação para compras pelo poder público.*

Expedido em 25 de janeiro de 2016

**Breno Bello de Almeida Neves**

Diretor de Contratos, Indicações Geográficas e Registros





REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**INPI** INSTITUTO  
NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL  
Assinado  
Digitalmente

## CERTIFICADO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR

Processo: BR 51 2014 001378-2

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL expede o presente Certificado de Registro de Programa de Computador, **válido por 50 anos** a partir de 1º de janeiro subsequente à data de criação indicada, em conformidade com o art. 3º da Lei Nº 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998, e arts. 1º e 2º do Decreto 2.556 de 20 de Abril de 1998.

Título: **GESTUREPUZZLE - GESTURE'S**

Criação: 01 de março de 2011

Titular(es): FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (45.358.058/0001-40)

Autor(es): ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO (219.846.398-97)  
GUSTAVO JORDAN CASTRO BRASIL (389.268.638-67)  
LUIS CARLOS TREVELIN (020.113.868-96)  
MARCELO DE PAIVA GUIMARÃES (164.578.918-70)

Linguagem: JAVA

Aplicação: CO-02, ED-06, SD-01, SD-04, SD-06


Tipo Prog.: ET-01, ET-02, FA-01, IT-02, TI-01

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA EM DEPÓSITO SOB SIGILO ATÉ 17/11/2024.

*Os Direitos Patrimoniais relativos ao programa de computador objeto do presente registro foram cedidos dos Criadores para o Titular, na data de 11 de setembro de 2014, conforme documentação*

*A exclusividade de comercialização deste programa de computador não tem a abrangência relativa à exclusividade de fornecimento estatuida pelo art.25, I, da Lei nº8.666, de 21 de Junho de 1993, para fins de inexigibilidade de licitação para compras pelo poder público.*

Expedido em 25 de janeiro de 2016

  
**Breno Bello de Almeida Neves**

Diretor de Contratos, Indicações Geográficas e Registros





**INPI** INSTITUTO  
NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL

**INPI** INSTITUTO  
NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL  
Assinado  
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**  
DIRETORIA DE CONTRATOS, INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS E REGISTROS

## CERTIFICADO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR

**Processo: BR 51 2015 000130-2**

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL expede o presente Certificado de Registro de Programa de Computador, **válido por 50 anos** a partir de 1º de janeiro subsequente à data de criação indicada, em conformidade com o art. 3º da Lei Nº 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998, e arts. 1º e 2º do Decreto 2.556 de 20 de Abril de 1998.

Título: **REHAB GESTURE**  
Criação: 01 de maio de 2014  
Titular(es): FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (45.358.058/0001-40)  
Autor(es): ALEXANDRE FONSECA BRANDÃO (219.846.398-97)  
GUSTAVO JORDAN CASTRO BRASIL (389.268.638-67)  
LUIS CARLOS TREVELIN (020.113.868-96)  
NIVALDO ANTONIO PARIZOTTO (005.651.608-85)  
Linguagem: PROCESSING  
Aplicação: CO-02, ED-06, SD-01, SD-04, SD-06  
Tipo Prog.: FA-01, IT-02, TI-01

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA EM DEPÓSITO SOB SIGILO ATÉ 26/01/2025.

*Os Direitos Patrimoniais relativos ao programa de computador objeto do presente registro foram cedidos dos Criadores para o Titular, na data de 03 de dezembro de 2014, conforme documentação*

*A exclusividade de comercialização deste programa de computador não tem a abrangência relativa à exclusividade de fornecimento estatuída pelo art.25, I, da Lei nº8.666, de 21 de Junho de 1993, para fins de inexigibilidade de licitação para compras pelo poder público.*

Expedido em 18 de fevereiro de 2016

Assinado digitalmente por:

**MAURO CATHARINO VIEIRA DA LUZ**

Diretor(a) substituto(a) de Contratos, Indicações Geográficas e

