

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Antônio Augusto Foletto

**JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO DE MOVIMENTOS FINOS
UTILIZANDO INTERFACES NATURAIS**

Santa Maria, RS
2017

Antônio Augusto Foletto

**JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO DE MOVIMENTOS FINOS UTILIZANDO
INTERFACES NATURAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Área de Concentração em Ciência da Computação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência da Computação.**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcos Cordeiro d'Ornellas

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Foletto, Antônio Augusto
Jogos Sérios para Reabilitação de Movimentos Finos
Utilizando Interfaces Naturais / Antônio Augusto Foletto.-
2017.
91 p.; 30 cm

Orientador: Marcos Cordeiro d'Ornellas
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Computação, RS, 2017

1. Jogos Sérios 2. Movimentos Finos 3. Interfaces
Naturais 4. Doença de Parkinson I. d'Ornellas, Marcos
Cordeiro II. Título.

©2017

Todos os direitos autorais reservados a Antônio Augusto Foletto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

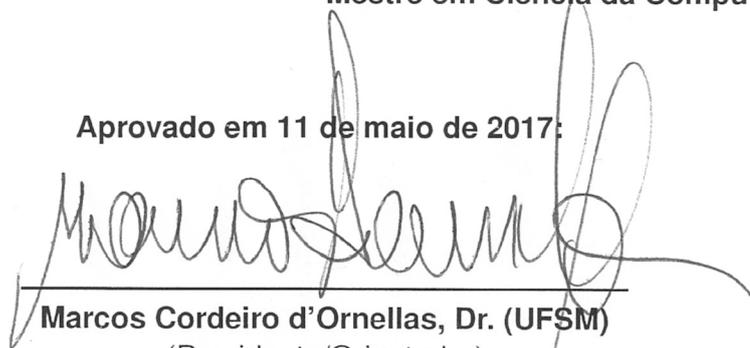
End. Eletr.: gutofoletto@gmail.com

Antônio Augusto Foletto

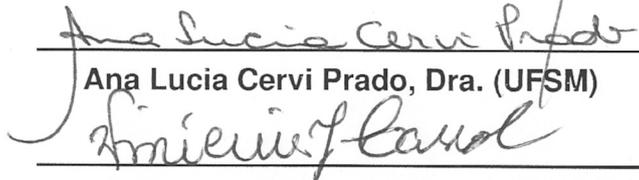
**JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO DE MOVIMENTOS FINOS UTILIZANDO
INTERFACES NATURAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, Área de Concentração em Ciência da Computação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência da Computação**.

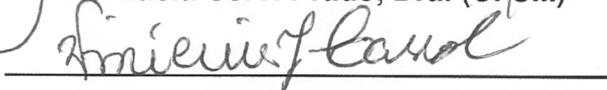
Aprovado em 11 de maio de 2017:



Marcos Cordeiro d'Ornellas, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Ana Lucia Cervi Prado, Dra. (UFSM)



Vinícius Jurinic Cassol, Dr. (UNISINOS)

Santa Maria, RS
2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, aos meus pais, Antônio Foletto e Leni Foletto, que nesses 25 anos sempre me apoiaram e acreditaram no meu potencial, incentivando sempre a busca por conhecimento.

Ao professor Marcos Cordeiro d'Ornellas, pela oportunidade e orientação durante este trabalho.

À professora Ana Lucia Cervi Prado, por ter aberto as portas do departamento de reabilitação do HUSM para realização deste trabalho, bem como o suporte e orientação desde a criação dos jogos até a condução dos experimentos.

À professora Débora Aita Gasparetto, pelas sugestões e contribuições para o trabalho.

Aos Professores Cesar Tadeu Pozzer, Giovanni Librelotto, José Borges da Costa e Lisandra Manzoni Fontoura, que de certa forma contribuíram para a construção do conhecimento que permitiu a elaboração deste trabalho.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Computação Aplicada (LaCA) e do Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada a Saúde (CA+SA).

À todos os voluntários do departamento de reabilitação do HUSM que se disponibilizaram a participar dos experimentos e avaliação dos jogos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro durante esta jornada acadêmica.

Por fim, agradeço a todos aqueles que fizeram parte de alguma forma, seja direta ou indireta, desta jornada acadêmica e que contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado.

Interaction design isn't only about fixing problems; it's also about facilitating interactions between people in richer, deeper, better ways — that is, finding new ways to better connect human beings to one another, and by doing so, make the world a better place to live

(Dan Saffer)

RESUMO

JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO DE MOVIMENTOS FINOS UTILIZANDO INTERFACES NATURAIS

AUTOR: Antônio Augusto Foletto

ORIENTADOR: Marcos Cordeiro d'Ornellas

A doença de Parkinson é uma das desordens neurodegenerativas mais comuns no mundo e tem como principais sintomas o tremor, rigidez nos movimentos e instabilidade postural. Os tratamentos para a doença são basicamente administração de fármacos e reabilitação através da Fisioterapia e exercícios. O processo de reabilitação através da Fisioterapia é permanente e pode se tornar tedioso, ficando pesaroso para o paciente cumprir sua rotina nos programas de reabilitação. Jogos sérios são jogos que possuem, além do entretenimento, um propósito específico como educação, ensino de alguma habilidade, ou promover atividade física. Devido a constante evolução tecnológica, sensores de movimento corporal tem se destacado no mercado como ferramentas para desenvolvimento de interfaces mais naturais. Dessa forma, a união de jogos sérios com sensores de movimentos, como o Leap Motion, foi proposta como solução para os problemas de motivação e engajamento nos programas de Fisioterapia. Foram desenvolvidos três protótipos de jogos sérios, com base nas abordagens dos exercícios da Fisioterapia para reabilitação de movimentos finos, que utilizam o sensor de movimentos Leap Motion. Os protótipos foram desenvolvidos a partir de um framework conceitual e de diretrizes para o desenvolvimento de interfaces naturais encontradas na literatura. Os três protótipos foram jogados por um grupo controle de sujeitos saudáveis e posteriormente foram avaliados quanto a experiência de jogo utilizando o Game Experience Questionnaire. Foram avaliados componentes como imersão, fluxo, competência, efeitos positivos, efeitos negativos, tensão e desafio. Os três protótipos apresentaram resultados satisfatórios com relação a experiência de jogo. Escores altos foram obtidos para componentes desejáveis como imersão, fluxo e efeitos positivos e escores baixos foram obtidos para componentes indesejáveis como tensão e efeitos negativos. Ainda, todos os jogadores reportaram altos níveis de uso das mãos e dedos, bem como destreza. Por fim, foi apresentado o desenvolvimento de um sistema de jogos sérios para reabilitação de movimentos finos utilizando interfaces naturais, composto por três jogos sérios que fazem uso do sensor de movimentos Leap Motion. Os protótipos apresentaram experiência satisfatória e estatisticamente igual, possibilitando que sejam utilizados em programas de reabilitação com consistência.

Palavras-chave: Jogos Sérios. Movimentos Finos. Interfaces Naturais. Doença de Parkinson.

ABSTRACT

SERIOUS GAMES FOR FINE MOTOR SKILLS REHABILITATION USING NATURAL INTERFACES

AUTHOR: Antônio Augusto Foletto
ADVISOR: Marcos Cordeiro d'Ornellas

Parkinson's disease is one of the most common neurodegenerative disorders and its main symptoms are tremors, movement stiffness and postural instability. The ways to treat the disease are, basically, administration of drugs and physical therapy exercises. The process of rehabilitation through physical therapy is long and could be boring, being hard for patient to keep its routine on therapy programs. Serious games are games that have a purpose that is beyond entertainment like, education, development of skills, or even physical activity. In addition, with the constant evolution of technology, body motion sensors are being introduced in the market and allowing the development of natural interfaces. This way, combining serious games with body motion sensors, like the Leap Motion, was studied as a possible solution to motivation and engagement problems in rehabilitation programs. Three prototypes were developed based on physical therapy's rehabilitation approaches and using the Leap Motion motion sensor. The prototypes were developed based on a conceptual framework and on guidelines for natural interfaces development that were found on the current literature. The prototypes were played by a control group, formed by healthy individuals, and after each prototype was assessed by the players using the Game Experience Questionnaire. The components main components assessed were immersion, flow, competence, positive affect, negative affect, tension and challenge. As a result, the prototypes presented optimal values related to game experience. High scores were found for positive components like immersion, flow and positive affect and low scores were found for negative components like tension and negative affect. Furthermore, all players reported high levels of hand and fingers usage as well as need for dexterity. This work presented the development of a system of serious games for fine motor skills rehabilitation using natural interfaces that was composed by three serious games that relied on the Leap Motion sensor. All the the prototypes presented good game experience that was statistically equal and that allow therapists to use them with consistency on therapy programs.

Keywords: Serious Games. Fine Motor Skills. Natural Interfaces. Parkinson's Disease.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diagrama de organização do trabalho.	14
Figura 2.1 – Número de jogos para saúde encontrados por Wattanasoontorn et al. (2013) de acordo com período da publicação	20
Figura 3.1 – O dispositivo Leap Motion.	28
Figura 3.2 – Representação do hardware do Leap Motion, estão ilustradas as dimensões do dispositivo, os 3 emissores de IR e os dois sensores de IR.	29
Figura 3.3 – Representação do campo de visão (FOV) / área de interação das câmeras infra-vermelho do Leap Motion. São 61 cm acima do dispositivo, por 61 cm para cada lado (150°), por 61 cm de profundidade em cada lado (120°).	30
Figura 3.4 – Representação da hierarquia de objetos e atributos contidos em um <i>frame</i> de dados que é transmitido pela API do Leap Motion	31
Figura 3.5 – Demonstração do ambiente de testes e de um voluntário participando do experimento ao testar o jogo <i>pinchicken</i>	38
Figura 4.1 – Representação da arquitetura proposta para desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação utilizando Leap Motion	40
Figura 4.2 – Diagrama de classes	42
Figura 4.3 – Modelo conceitual do banco de dados	45
Figura 5.1 – Fluxograma de navegação no sistema de jogos.	48
Figura 5.2 – Conjunto de telas/interfaces que representam os menus iniciais do sistema de jogos sérios.	49
Figura 5.3 – Exemplo de cenário e objetos modelados no estilo Low Poly, caracterizado pelas formas geométricas bem definidas com preenchimento sólido e poucos polígonos.	52
Figura 5.4 – Primeiro protótipo do jogo <i>Pinchicken</i>	53
Figura 5.5 – Protótipo atual do jogo <i>Pinchicken</i> , o jogador deve coletar os ovos do chão utilizando o movimento de pinça e levá-los até o ninho/galinha que está destacado.	54
Figura 5.6 – Primeiro protótipo do jogo <i>Finger Hero</i>	55
Figura 5.7 – Protótipo atual do jogo <i>Finger Hero</i> , o jogador precisa realizar o movimento de oposição ao polegar, a figura representa o momento em que o movimento com o dedo mínimo é realizado	56
Figura 5.8 – Primeiro protótipo do jogo <i>Grabduzeedo</i>	57
Figura 5.9 – Protótipo atual do jogo <i>Grabduzeedo</i> , o jogador controla um OVNI com as mãos.	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1 – Escores do GEQ:base encontrados para cada jogo testado.	60
Gráfico 6.2 – Escores de cada componente do GEQ:pós-jogo encontrados para cada protótipo testado.	61
Gráfico 6.3 – Escores obtidos para componentes de funcionalidade e uso motor.	63
Gráfico 6.4 – Pontuação obtida pelos jogadores em cada jogo.	64
Gráfico 6.5 – Média da pontuação obtida pelos jogadores em cada jogo em função do grupo etário.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Escores médios de cada componente do GEQ:Base encontrados na validação com 380 participantes por Poels, Kort e Ijsselsteijn (2007).....	34
Tabela 3.2 – Escores médios de cada componente do GEQ:Pós-Jogo encontrados na validação com 380 participantes por Poels, Kort e Ijsselsteijn (2007).	34
Tabela 6.1 – Resultados da ANOVA para cada categoria do GEQ:base	60
Tabela 6.2 – Resultados da ANOVA para cada categoria do GEQ:pós-jogo	62
Tabela 6.3 – Resultados da ANOVA para cada pergunta sobre uso motor/funcionalidade	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALC	Apraxia Limbo-Cinética
ANOVA	<i>Analysis of variance</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
AVD	Atividades de Vida Diária
DP	Doença de Parkinson
FOV	<i>Field of View</i>
GEQ	<i>Game Experience Questionnaire</i>
GUI	<i>Graphic User Interface</i>
HUSM	Hospital Universitário de Santa Maria
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IN	Interfaces Naturais
IR	<i>Infra-Red</i>
MVC	<i>Model-Controller-View</i>
NI	<i>Natural Interfaces</i>
NUI	<i>Natural User Interfaces</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SNC	Sistema Nervoso Central
REST	<i>Representational State Transfer</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UI	<i>User Interface</i>
WIMP	<i>Windows, Icon, Menu, Pointing Device</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	MOTRICIDADE FINA	15
2.2	DOENÇA DE PARKINSON	16
2.3	JOGOS SÉRIOS PARA SAÚDE	18
2.4	INTERFACES NATURAIS	21
2.5	DIRETRIZES PARA DESIGN DE JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO E INTERFACES NATURAIS	24
2.6	CONSIDERAÇÕES	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	LEAP MOTION	28
3.1.1	Hardware	28
3.1.2	Software	29
3.1.3	Leap Motion API	31
3.2	MOTOR DE JOGO	32
3.3	GAME EXPERIENCE QUESTIONNAIRE - GEQ	32
3.4	MÉTODO	35
3.4.1	Preparação	36
3.4.2	Participantes	36
3.4.3	Procedimento	37
4	FRAMEWORK CONCEITUAL	39
4.1	ARQUITETURA	39
4.2	CLASSES	41
4.3	BANCO DE DADOS	44
4.4	CONSIDERAÇÕES	46
5	PROTÓTIPOS	47
5.1	CARACTERÍSTICAS	50
5.2	ASPECTOS VISUAIS	51
5.3	JOGO 1: PINCHICKEN	52
5.4	JOGO 2: FINGER HERO	54
5.5	JOGO 3: GRABDUZEEDO	56
6	EXPERIMENTOS E RESULTADOS	59
6.1	GEQ:BASE	59
6.2	GEQ:PÓS-JOGO	61
6.3	FUNCIONALIDADE	62
6.4	PONTUAÇÃO	63
6.5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	64
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
7.1	LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	69
7.2	PUBLICAÇÕES E APRESENTAÇÕES	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	75
	APÊNDICE B – TCLE	78
	ANEXO A – GEQ	80

1 INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson (DP) é uma das desordens neurodegenerativas mais comuns, afetando cerca de 1% da população mundial acima dos 60 anos (MURASA; STOKES; CAHILL, 2008). Entre os sintomas associados a doença, são possíveis o tremor, rigidez nos movimentos, falta de atenção e instabilidade postural. Desses sintomas, o tremor dos membros é um dos mais severos prejudicando, principalmente, o movimento das mãos.

Os tratamentos para a doença concentram-se basicamente na administração de fármacos e reabilitação através da fisioterapia (BEITZ, 2014). A fisioterapia ajuda a conter os sintomas da doença através de exercícios físicos que estimulam o cérebro e possibilita que as células nervosas criem novas conexões para suprir as dificuldades impostas pela doença (CARGNIN; D'ORNELLAS; PRADO, 2015).

Os sujeitos, geralmente, precisam de programas de fisioterapia apropriados para o seu problema de modo que seja possível melhorar sua performance ao realizar atividades de vida diária (AVD) e, conseqüentemente, melhorar sua qualidade de vida (BEITZ, 2014). Mesmo em casos em que indivíduos com a doença de Parkinson tenham acesso a um processo de reabilitação com profissionais de fisioterapia extremamente qualificados, o período de terapia pode ser bastante longo e desagradável. Em alguns casos, estes indivíduos, em sua grande parte idosos, podem apresentar problemas de motivação para fazer exercícios de reabilitação que são muito repetitivos e que acabam tornando o processo tedioso e cansativo (CHAO, 2016; MACEDO; PRADA; SANTOS, 2014; TAYLOR; CURRAN, 2015). Ainda, em casos como da DP, a depressão e a demência são outros fatores que podem afastar o paciente dos cuidados especiais (PRADO, 2008). Dessa forma, como é mencionado por Norman (2004), acredita-se que a tecnologia deva trazer mais as nossas vidas do que simplesmente melhorar a nossa performance ao realizar tarefas, ela deve adicionar riqueza e prazer.

Um jogo sério, geralmente, pode melhorar a experiência de um jogador através de interações de diferentes modos e em diferentes contextos como na saúde, treinamento ou educação (LAAMARTI; EID; SADDIK, 2014). Ainda, um jogo sério pode ter como objetivo passar alguma mensagem, conhecimento, habilidade ou algum conteúdo de forma geral

ao jogador e essa experiência pode estar relacionada a um dos contextos mencionados anteriormente. É dessa forma que jogos sérios surgem como um método para auxiliar no processo de reabilitação e programas de fisioterapia.

A interação em jogos tradicionais, no passado, era resumida a mouses, teclados ou joysticks. Devido ao crescimento exponencial do poder de processamento e redução em tamanho e custo dos computadores, novas formas de acesso, novas plataformas e aplicações foram criadas como, por exemplo, *smartphones*, *tablets*, câmeras digitais, internet, jogos, etc.(WIGDOR; WIXON, 2011). Aliado a esse fato, a possibilidade de interagir com objetos virtuais, interfaces ou máquinas da mesma maneira que é possível interagir com objetos físicos tem motivado buscas por novas tecnologias. É possível que as formas tradicionais de interação ainda continuem por um longo período de tempo como principais meios de interação homem-máquina, mas pode se dizer que lentamente estão sendo suplantadas por outras tecnologias capazes de utilizar todo o potencial interativo do corpo humano. As alternativas encontradas para substituir esses dispositivos tradicionais de interação são, por exemplo, dispositivos que captam ondas cerebrais, rastreamento ocular e sensores de movimentos.

O início da corrida pelo desenvolvimento de sensores e interfaces gestuais se deu por volta dos anos 2000. Um sensor é, basicamente, um componente elétrico/eletrônico que tem como função detectar mudanças no ambiente. Esses componentes podem detectar mudanças de pressão/toque, luz, proximidade, som, inclinação e movimento (SAFFER, 2008). Nos anos de 2006 e 2007 ocorreram grandes evoluções na área com o lançamento do sistema de jogos Nintendo Wii ¹ e o lançamento do iPhone e iPod Touch. Em seguida, no ano de 2008, a Microsoft lançou o MS Surface, um tablet com tela sensível ao toque (SAFFER, 2008). Em 2010, o lançamento do sensor de movimentos Microsoft Kinect ² marcou uma grande evolução com relação a sensores de movimentos de corpo inteiro. Após, em 2012, foi introduzido no mercado um sensor de movimentos das mãos e dedos, chamado *The Leap* que posteriormente foi adaptado e relançado no mercado com o nome atual de Leap Motion ³. Sensores de movimentos como, por exemplo o Microsoft Kinect e o Leap Motion tem propiciado a criação de interfaces mais naturais. Uma Interface Natural (IN) busca permitir que os usuários interajam de maneira fácil e fluida com máquinas

¹<<https://www.nintendo.pt/Wii/Wii-94559.html>>

²<<https://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>>

³<<http://www.leapmotion.com>>

através da emulação de movimentos do dia a dia (LU, 2014).

De acordo com Taylor e Curran (2015), o Leap Motion, como um dispositivo capaz de detectar os movimentos, de baixo custo e fácil acesso, deve ser investigado como uma ferramenta para reabilitação das mãos. Desta forma, jogos sérios para saúde conjuntamente com um sensor de movimentos das mãos, como o Leap Motion, parecem uma solução viável para o problema de repetição e engajamento nos programas de fisioterapia. A questão de pesquisa que está se propondo aqui é: seria possível melhorar a experiência de reabilitação de movimentos finos com jogos sérios e interfaces naturais? O que seria necessário para desenvolver um sistema de jogos sérios e interfaces naturais? Quais tecnologias são necessárias para desenvolver jogos sérios para saúde com interfaces naturais? Definidas as tecnologias que serão utilizadas, pergunta-se como seria o processo para desenvolver um sistema de jogos sérios para saúde com interfaces naturais de modo iterativo e que seja capaz de auxiliar na recuperação e reabilitação de movimentos finos? E, por fim, com os sistema de jogos desenvolvido, como avaliar este sistema e mensurar se a experiência de jogo é satisfatória? O objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar um sistema de jogos sérios para saúde com interfaces naturais de forma iterativa e centrada no usuário; utilizando motores de jogos, banco de dados, sensores de movimentos; e projetado para auxiliar o fisioterapeuta nos programas de recuperação e reabilitação de movimentos finos. Ainda, este trabalho pretende:

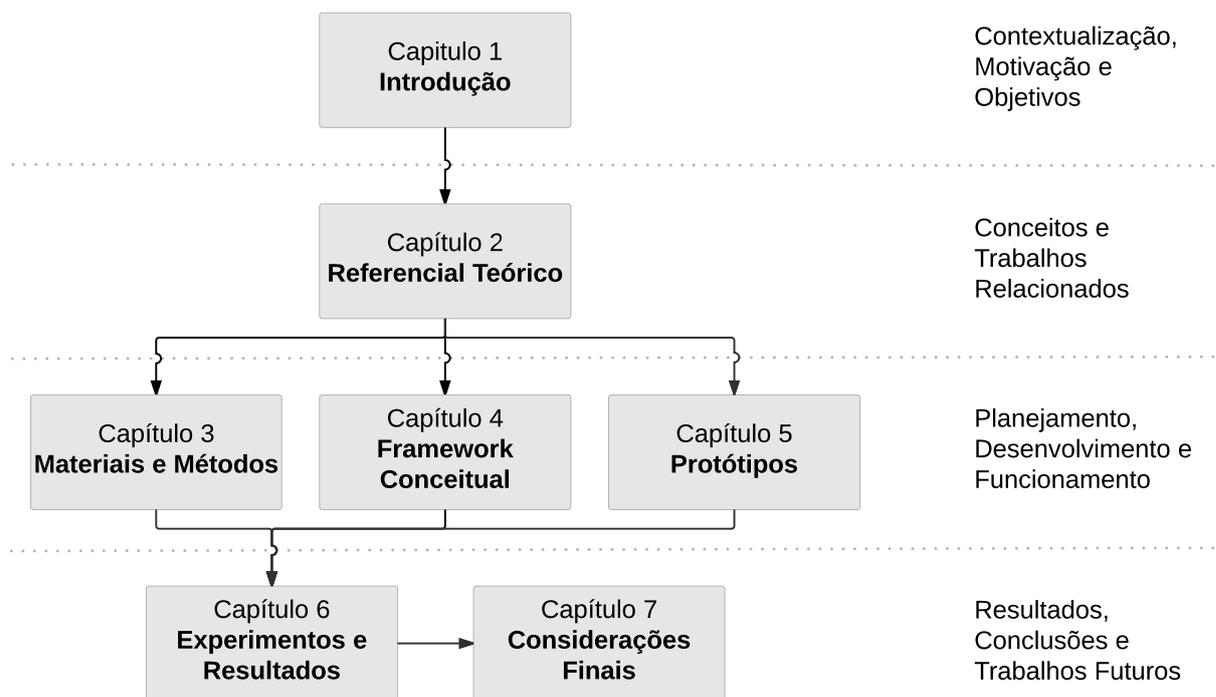
- Definir princípios e heurísticas para desenvolvimento de jogos com interfaces naturais de acordo com a revisão da literatura;
- Propor um framework conceitual para desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação de movimentos finos utilizando interfaces naturais;
- Verificar e analisar a experiência do jogador e a usabilidade dos jogos através de testes e avaliações quantitativas com usuários.

1.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado nos seguintes capítulos (Figura 1.1): Capítulo 2: Referencial Teórico, aborda os conceitos fundamentais para este trabalho e apresenta discus-

sões sobre trabalhos relacionados; Capítulo 3: Materiais e Métodos, apresenta os materiais e ferramentas utilizados no trabalho, bem como, o método e procedimentos utilizados na realização do trabalho; Capítulo 4: Framework Conceitual, aborda a proposta de um framework para desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação de movimentos finos utilizando o sensor de movimentos Leap Motion; Protótipos, apresenta o processo de desenvolvimento de um sistema de jogos sérios composto por três protótipos que abordam conceitos da fisioterapia para reabilitação de movimentos finos. Experimentos e Resultados, nesse capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos através de testes e avaliações dos protótipos desenvolvidos; Considerações Finais, recapitulação das principais contribuições do trabalho, também são discutidas as limitações e possíveis trabalhos futuros.

Figura 1.1 – Diagrama de organização do trabalho.



Fonte: Autor

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MOTRICIDADE FINA

A habilidade de utilizar as mãos e dedos para realizar atividades diárias depende de diversos fatores, desde anatomia, tato, movimento, coordenação, destreza e força. Uma habilidade manual é aquela que exige coordenação de movimentos (finos e grossos) que são baseados em capacidades desenvolvidas através de aprendizagem, treino e experiência (DESROSIERS et al., 1997). Sendo assim, a mão é amplamente utilizada para agarrar objetos de diferentes formas e tamanhos através da ação combinada dos dedos e, ainda, é utilizada para realizar movimentos individuais com os dedos e que são necessários para uma variedade de atividades criativas e práticas, como escrever, pintar, esculpir, e tocar instrumentos musicais. A principal característica que permite que tais atividades e ferramentas sejam utilizadas está diretamente ligada a habilidade de controlar a força e os movimentos finos de cada dedo individualmente (SCHIEBER; SANTELLO, 2004).

Uma habilidade motora fina é aquela utilizada para manipular objetos utilizando a ponta dos dedos. É a coordenação de músculos, ossos e nervos com o objetivo de realizar movimentos precisos e rápidos dos dedos quando se está manipulando objetos pequenos (KANESHIRO; ZIEVE, 2015). Dessa forma, é requerido um alto nível de refinamento e controle para realizar movimento finos e coordenados (DESROSIERS et al., 1997).

A habilidade e controle motor fino pode ser influenciada pela idade, sexo, doenças e a partir de lesões do sistema nervoso central (SNC), problemas com a espinha dorsal, nervos, músculo, ou articulações. No momento em que os movimentos finos são prejudicados, aparecem dificuldades com tarefas como desenhar linhas, cortar com tesoura, dobrar roupas, segurar um lápis, pegar um objeto pequeno, etc. Indivíduos com a doença de Parkinson apresentam problemas ao falar, comer e escrever por que eles perderam parte do seu controle motor fino (KANESHIRO; ZIEVE, 2015). Dessa forma, este trabalho optou por utilizar o controle motor fino na doença de Parkinson como um estudo de caso para o desenvolvimento de jogos para reabilitação.

2.2 DOENÇA DE PARKINSON

A Doença de Parkinson (DP) é uma síndrome clínica degenerativa e progressiva do sistema nervoso central que provoca distúrbios do movimento (GOULART; XAVIER, 2005). Do ponto de vista neuropatológico, a DP apresenta uma alteração ou degeneração na região da *substantia nigra*, região do cérebro que produz a dopamina, e presença de corpos de lewy, agregados anormais de proteínas em células nervosas (BEITZ, 2014). Em decorrência dessa alteração, o cérebro diminui lentamente a produção de dopamina e, como consequência, quanto menor a quantidade de dopamina, menor é a habilidade de controlar os movimentos.

A DP atinge uma em cada mil pessoas na população em geral, sendo a segunda doença progressiva e neurodegenerativa mais frequente. Ela é mais comum em pessoas acima de 65 anos e predominante em brancos. Negros e asiáticos são menos afetados. A causa definitiva da DP é desconhecida, porém existem fatores de risco, que foram elencados com base em evidências, e que podem facilitar o desenvolvimento da doença como, por exemplo, morar em áreas rurais e trabalhar com agricultura — devido à constante exposição a agrotóxicos e pesticidas (GOULART; XAVIER, 2005; BEITZ, 2014).

Em 1817, Parkinson (2002) descreveu os sintomas de uma doença que na época ele chamou de *shaking palsy*, como tremores involuntários, com força muscular fraca, em membros parados e até mesmo suspensos; também acompanhada de uma propensão a inclinar o tronco a frente e passar de um ritmo de caminhada para corrida. Posteriormente, outros pesquisadores contribuíram para a definição da doença estabelecendo os quatro principais sintomas associados a ela (JANKOVIC, 2008):

- **Bradicinesia:** se refere a redução de velocidade do movimento. Também envolve dificuldades de planejar, iniciar e executar um movimento e sequência de tarefas, comprometendo, principalmente as AVDs e tempos de reação. Influencia bastante em atividades que requerem controle motor fino. Mesmo com esse sintoma, o sujeito ainda consegue realizar movimentos rápidos quando estimulados por um gatilho. Por exemplo, ao escutar alguém gritar "1,2,3 e já" ou uma música pode fazer o sujeito realizar a tarefa mais rápido;
- **Tremor:** é o sintoma mais comum e facilmente reconhecível. Os tremores ocorrem em uma frequência entre 4 e 6Hz, e, geralmente, são mais intensos em extremi-

dades. Ainda, os tremores podem envolver lábios, queixo, mandíbula e pernas, e raramente envolve pescoço/cabeça ou a voz. A frequência e intensidade do tremor é variável de sujeito para sujeito, mas estudos citados por Jankovic (2008) tem reportado que aproximadamente 69% dos pacientes com PD tem tremores inicialmente e 75% apresentam tremores em algum momento da doença.

- Rigidez: é caracterizada pela resistência, geralmente com tremores, ao realizar o movimento de um membro (flexão, extensão ou rotação). Devido a rigidez, podem ocorrer deformações posturais, ou das mãos e dos pés, conhecidos como mão ou pé estriatal. Os dedos apresentam desvios nas juntas e acabam ficando deslocados ou sobrepostos.
- Instabilidade Postural: a instabilidade postural é mais presente nos estágios avançados da doença. Quando o sujeito é levemente empurrado no ombro e tiver de dar mais de dois passos para se restabelecer, é um sinal de instabilidade postural. Responsável pelo aumento no risco de quedas e lesões na DP.

Há outros sintomas motores e cognitivos que estão presentes na DP como, por exemplo, congelamento, lentidão no pensamento e micrografia (uma desordem onde a escrita fica pequena e difícil de ler, caminhar desequilibrado, e dificuldades de realizar tarefas motoras finas, como manipulação de objetos) (BEITZ, 2014). Porém, os sinais motores da doença começam aparecer somente quando cerca de 70% da *substantia nigra* já estiver degenerada (JANKOVIC, 2008). Além desses sintomas da doença que foram mencionados, pacientes podem desenvolver depressão acarretada pela piora na qualidade de vida e demência. Fatores que dificultam a recuperação ou reabilitação de um paciente com a DP (PRADO, 2008).

Diferentemente da literatura tradicional, no trabalho de Foki et al. (2015), é apresentada uma hipótese de que o principal motivo da degradação motora fina na DP seria devido a apraxia limbo-cinética (ALC). Apraxia sendo uma interferência de comunicação entre processos cognitivos e motores, e a ALC sendo, basicamente, perda de agilidade com redução na habilidade de realizar movimentos coordenados com os dedos de forma correta. Decorrente disso, o autor aponta que tratamentos baseados em medicamentos dopaminérgicos não teriam efeito, reforçando a necessidade dos pacientes procurarem outros tipos de terapias.

As terapias não farmacológicas incluem exercícios, educação, grupos de apoio, terapia de fala e nutrição. Embora não impeçam a evolução da DP, estas terapias ajudam a controlar alguns sintomas, aspectos e o impacto da doença na qualidade de vida. Segundo Beitz (2014), a literatura inclusive indica que essas terapias sejam iniciadas precocemente. A fisioterapia quando utilizada na reabilitação neurológica busca retardar a perda de habilidades gerais e invalidez. Na DP, os tratamentos fisioterapêuticos tem como objetivo melhorar a mobilidade, a força muscular, o equilíbrio, a aptidão física e a qualidade de vida dos pacientes. A participação em programas de fisioterapia podem dar respostas positivas aos sintomas motores da doença, como rigidez e postura (GOULART; XAVIER, 2005; JANKOVIC, 2008).

Devido a esses e outros motivos, os programas de reabilitação através da fisioterapia são muito importantes para as pessoas com doença de Parkinson. Existem estudos que sugerem que o tratamento através de sessões de fisioterapia, a longo prazo, pode promover mecanismos de neuroplasticidade e reduzir os danos causados pela doença ao mapear novos caminhos neurais para as funções motoras. Porém, se o sujeito deixar de frequentar o programa de fisioterapia, os efeitos positivos do tratamento não chegam a durar seis meses. Dessa forma, McNaney et al. (2015) aponta que seria importante ter um método ou ferramenta que promova a prática dos exercícios e aumento do engajamento em um programa de fisioterapia através de novas tecnologias.

2.3 JOGOS SÉRIOS PARA SAÚDE

Um jogo pode ser definido como uma competição física ou mental de acordo com algum conjunto de regras e com o objetivo único de entretenimento ou recreação dos participantes (LAAMARTI; EID; SADDIK, 2014). Para Adams (2014), um jogo é um tipo de atividade divertida, conduzida em um contexto de uma realidade interpretada, na qual os participantes tentam alcançar pelo menos um objetivo arbitrário e não-trivial ao agir de acordo com a regras. Dessa forma, o termo "jogo sério" foi cunhado como forma de reconhecer que jogos podem ser usados para outros propósitos além do entretenimento (ADAMS; DORMANS, 2012).

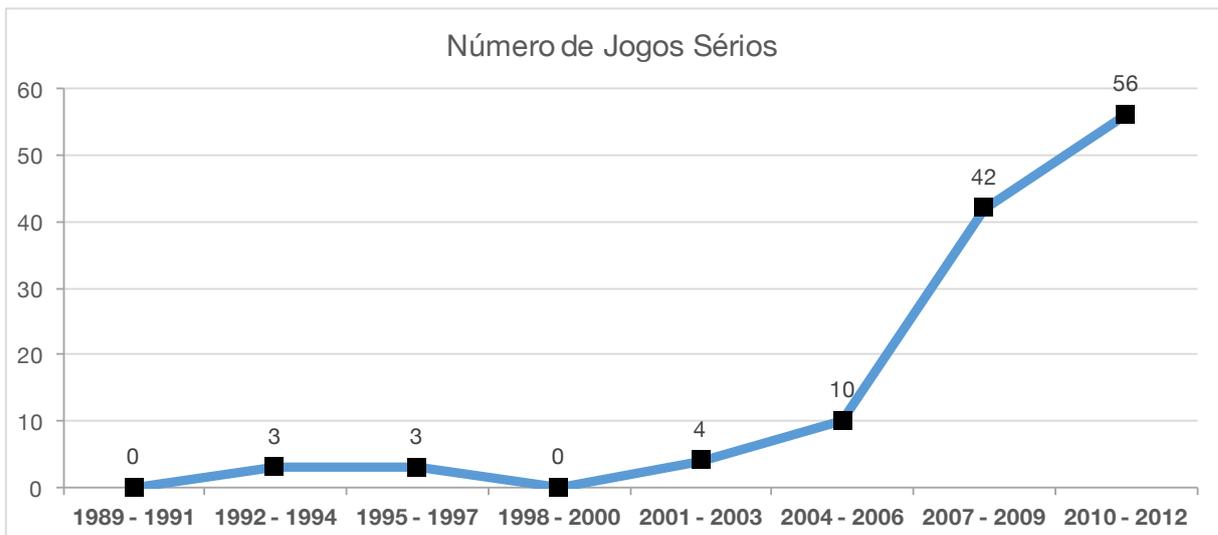
O primeiro interesse em jogos sérios foi demonstrado por Abt (1970 apud LAA-

MARTI; EID; SADDIK, 2014): “estamos preocupados com jogos sérios com senso de que estes jogos tem um pensamento educacional e não são pensados para que sejam jogados primeiramente para diversão”. Logo, jogos sérios são uma categoria de jogos em que o objetivo principal não é a diversão e se diferenciam de video-games neste quesito, mas, de certo modo, não há nada que impeça que a diversão esteja presente. Apesar de haver pequenas divergências no conceito, a maioria dos pesquisadores concorda que jogos sérios são jogos com propósitos além do entretenimento. Eles herdaram características e a jogabilidade dos jogos comerciais e tem foco em um objetivo principal seja ele aprendizado/educação ou treinamento (WATTANASOONTORN et al., 2013). Pode-se dizer que jogos sérios tentam solucionar problemas específicos de uma área através do entretenimento de um jogo.

Dentro da categoria de jogos sérios, diversos autores como Susi, Johannesson e Backlund (2007), Ferreira (2008), Laamarti, Eid e Saddik (2014) apresentaram revisões com classificações e/ou propostas de taxonomia sobre o tema. Por exemplo, desses trabalhos, a revisão mais recente é de Laamarti, Eid e Saddik (2014) e apresenta a seguinte categorização para jogos sérios: (1) Educação e treinamento; (2) Bem-estar; (3) Publicidade; (4) Cultural; (5) Comunicação Interpessoal; (6) Saúde. O objetivo de jogos para saúde é de passar conhecimento ou habilidades a jogadores, servir um propósito médico ao simular uma situação que evite risco, segurança, dinheiro, etc. Por exemplo, jogos sérios podem ser projetados para educar e treinar profissionais da saúde a evitar erros médicos ou em processos de reabilitação, reproduzindo de forma mais dinâmica os exercícios repetitivos que tem de ser realizados pelos pacientes. A Figura 2.1 representa o interesse de pesquisadores no tema de jogos sérios para saúde, conforme estudo desenvolvido por Wattanasoontorn et al. (2013). Fica claro o aumento exponencial no interesse pela pesquisa e desenvolvimento de jogos sérios para a saúde a partir do ano de 2004.

Na área de jogos para saúde, que é o foco deste trabalho, Wattanasoontorn et al. (2013) classifica os jogos de acordo com o foco no jogador (paciente ou não-paciente), no estágio da doença (monitoramento, detecção, terapia, reabilitação), no propósito (entretenimento, saúde, aquisição de habilidade) e por funcionalidades (gênero, interface, plataforma, portabilidade, etc). Já Laamarti, Eid e Saddik (2014) define jogos sérios para saúde nas seguintes subcategorias: jogos para monitoramento da saúde; detecção e tratamento; educação e prevenção; e reabilitação. No trabalho de Rego, Moreira e Reis (2010) é re-

Figura 2.1 – Número de jogos para saúde encontrados por Wattanasoontorn et al. (2013) de acordo com período da publicação



Fonte: Adaptado e Traduzido de Wattanasoontorn et al. (2013)

alizada uma revisão e classificação dos jogos dentro da categoria de jogos sérios para reabilitação. Foram classificados os jogos de acordo com área de aplicação, tecnologia de interação, interfaces/gráficos, número de jogadores, competitividade/cooperação, gênero, adaptabilidade, monitoramento de progresso, feedback e portabilidade.

Os jogos sérios tem sido utilizados em diversas áreas da saúde, desde *exergaming*¹ até simuladores para treinamento (MCCALLUM, 2012). Jogos como o *Wii Fit* e *Kinect Sports*² tornaram o gênero popular entre os programas de fisioterapia pois deixaram o tratamento menos tedioso. Nesses casos, os jogos sérios surgem como uma alternativa para motivar intrinsecamente as pessoas a serem ativas e realizarem os exercícios propostos, pois eles proporcionam os sentimentos de competência, autonomia e relacionamento (especialmente no caso de jogos multi-jogadores) (ADAMS, 2014). Porém, é preciso ressaltar que os jogos que são utilizados em programas de reabilitação devem ter uma maior flexibilidade de regras para que o tratamento seja personalizado de acordo com as capacidades do jogador e evite lesões (MCCALLUM, 2012; SKJAERET et al., 2016).

Dessa forma, Laamarti, Eid e Saddik (2014) apontam que o uso de jogos na reabilitação tem se provado uma boa solução para a falta de motivação que resulta da repetição

¹A palavra é uma combinação dos termos exercícios e games, ao jogar também se praticam exercícios devido ao controle e forma de interação com o jogo.

²Wii Fit e Kinect Sports são jogos, respectivamente, das plataformas Nintendo Wii e Xbox 360 que promovem a prática de exercícios físicos utilizando interfaces gestuais.

de exercícios tradicionais em fisioterapia. Não obstante, conforme reportado por Susi, Johannesson e Backlund (2007), pacientes que são submetidos a tratamentos com jogos sentem-se mais motivados do que em tratamentos convencionais.

O trabalho de Skjaeret et al. (2016), apresenta uma investigação de 60 estudos sobre jogos e *exergames* para reabilitação de idosos com foco em tecnologias, segurança e eficiência. A maioria dos estudos (43 de 60) apresentaram sistemas comerciais como o Nintendo Wii, que foi utilizado em 35 trabalhos. Ainda, o autor reporta que nenhum dos estudos identificou efeitos negativos no uso de jogos na reabilitação, e quando comparados a exercícios tradicionais, jogos apresentaram resultados semelhantes ou até melhores em alguns casos. Isso é evidência de que jogos sérios para saúde são propostas de tratamentos de reabilitação.

Na revisão realizada por Wattanasoontorn et al. (2013), um número pequeno de jogos revisados pertenciam a categoria de reabilitação e menos ainda eram focados em habilidades motoras e doença de Parkinson. Pode-se elencar os trabalhos de McNaney et al. (2015), Pachoulakis, Papadopoulos e Spanaki (2015), Taylor e Curran (2015) e Macedo, Prada e Santos (2014) como exemplos de trabalhos que demonstram a pesquisa e/ou desenvolvimento de jogos sérios para saúde aliados a sensores de movimentos com o intuito de auxiliar no tratamento e/ou reabilitação motora na DP. A revisão de Barry, Galna e Rochester (2014) incluiu 10 trabalhos sobre jogos sérios para reabilitação na DP, e indicou que os jogos são viáveis, aumentam a motivação e proporcionam melhoras que podem ser retidas mesmo após o tratamento.

2.4 INTERFACES NATURAIS

Uma Interface Natural (IN) não é uma característica de um dispositivo ou sensor de movimentos. *Natural*, no termo Interface Natural, tem relação com a forma como os usuários interagem com um produto, o que eles fazem e como eles se sentem quando o utilizam. Segundo Wigdor e Wixon (2011) uma interface natural não é apenas uma interface que é natural, mas uma interface que faz o usuário agir e sentir como natural. Em outras palavras, é o usuário que deve se sentir natural ao utilizar a interface e não a interface que apresenta características naturais.

O uso de telas sensíveis ao toque revolucionou a área de interfaces naturais. Pode-se dizer que a evolução das INs foi dividida em dois períodos: antes e depois do lançamento do iPhone pela Apple (PROCHÁZKA et al., 2013). Telas sensíveis ao toque e interfaces gestuais elevaram a manipulação direta de conteúdo para outro nível. A partir desse momento foi possível usar um membro do corpo para controlar um espaço digital. Esse uso do corpo pode ser visto, também, como um estado natural de uma interface de usuário. O conceito de interfaces naturais pode ser trabalhado como um sinônimo de *Natural User Interfaces* (NUI), aponta Saffer (2008).

Novos dispositivos de interação como, por exemplo, Microsoft Kinect ou Leap Motion, não necessariamente criam uma experiência de uso melhor ou mais natural. Pode-se dizer que esses dispositivos são facilitadores para a criação de uma interface que seja mais natural de usar, e que possa mudar a maneira como interagimos com a tecnologia. Os seres humanos são criaturas físicas que gostam de interagir com objetos. Uma IN ou interfaces controladas por gestos permitem esse tipo de interação, da mesma forma que com objetos, em ambientes virtuais (WIGDOR; WIXON, 2011; SAFFER, 2008).

Uma IN pode ser definida, segundo (WIGDOR; WIXON, 2011) por 3 elementos básicos: ela tem de ser agradável, ela é fácil de aprender e é apropriada para o contexto (faz sentido onde está sendo utilizada). Quer dizer que a interface deve ser intuitiva, ou seja, quer dizer que uma interface é fácil de aprender é o mesmo que dizer que basta "sentar e começar usar". São interfaces que utilizam metáforas corretas e *feedback* para determinar como um usuário deve usá-la. E a interação deve fazer sentido, pois ela pode ser fácil de aprender e não ser intuitiva. Segundo Plemmons e Mandel (2014a), para que uma interface seja intuitiva, ela precisa ser:

- Fácil de aprender (*learnable*): para ela ser fácil de aprender ela também deve ser fácil de explicar, tanto um usuário novo quanto um especialista devem aprender utilizar a interface facilmente;
- Fácil de compreender (*understandable*): a interação ou gesto deve fazer sentido para o usuário, exemplos de interações que fazem sentido são *pinch to zoom*³, *tap to click*⁴, e *swipe left to advance*⁵;

³Interação com movimento de pinça entre o polegar e indicador, geralmente utilizado para aproximar ou diminuir objetos.

⁴Tocar para clicar, interação comumente utilizada em telas sensíveis ao toque.

⁵Deslizar para esquerda para avançar é uma interação que simula o movimento que fazemos com a

- Gerar hábitos (*habitual*): um hábito é uma ação que não exige foco total para ser executada, é uma ação praticamente automática. Hábitos são difíceis de gerar por que dependem de um longo prazo, por exemplo, logo após a primeira habilitação para dirigir, o sujeito presta muita atenção em todas as suas ações e age com muita cautela, após alguns anos o ato de dirigir se torna automático.

A intuição de uma interface está diretamente ligada ao grau de *affordance*⁶ que ela possui. Seres humanos não nascem com conhecimento prévio sobre como utilizar as coisas. Quando há *affordance* em algo significa que a aparência ou forma guia o usuário em como usá-lo. No caso de um bule, por exemplo, a alça diferentemente do bico, sugere e guia a pessoa para segurar no local correto (NORMAN, 2004).

Ainda, o que define o grau de naturalidade de uma IN é a simbiose natural entre ela e o ambiente. Sistemas que usam IN deixam os usuários confortáveis ao proporcionar um ambiente similar ao mundo real. É esta habilidade que eleva a experiência com uma IN além de um desktop tradicional (WIGDOR; WIXON, 2011). Essa simbiose com o ambiente, por exemplo, determina quais gestos e interações serão possíveis pois ambos são dependentes do sensor ou tecnologia utilizada (SAFFER, 2008). Alguns gestos são mais naturais do que outros como, por exemplo, mover os dedos da esquerda para direita para trocar de página remete a metáfora de virar a página de um livro; por outro lado, o movimento de três dedos para cima (no caso do sistema operacional OSX da apple) é utilizado para mostrar os programas que estão rodando, não há metáfora com o mundo real para esse tipo de movimento (PROCHÁZKA et al., 2013), mas ele funciona mesmo assim.

Novas interfaces podem proporcionar prazer apenas ao ver ou no seu uso. Os novos dispositivos são divertidos de usar: gestos adicionam um sentimento de boas-vindas a uma atividade ao invés de ser um ato vazio de apontar e clicar. Porém, a falta de consistência e a falta de habilidade em descobrir operações juntamente com a facilidade de cometer erros (falsos positivos) causam danos irreparáveis a experiência do usuário (NORMAN; NIELSEN, 2010). Ainda, gestos físicos apresentam potencial de engajar o corpo todo na interação, eles podem melhorar o prazer e engajamento dos participantes e, justamente por isso, eles também podem ser utilizados como máquinas de exercícios (NORMAN, 2010).

Interfaces gestuais irão adicionar valor ao repertório de interações, mas precisam

pagina de um livro para ir para próxima pagina.

⁶Palavra inglesa sem tradução para o português, mas que trata da facilidade de um sujeito em reconhecer uma funcionalidade.

tempo para serem melhor desenvolvidas, para se entender como utilizá-las da melhor maneira e definir padrões e convenções. De qualquer forma, gestos farão parte de um futuro onde os usuários serão familiares com a tecnologia e farão os usuários se sentirem sob controle (NORMAN, 2010). Porém, dificilmente uma NUI irá substituir completamente uma *Graphical User Interface* (GUI), pois ambas possuem seu nicho. GUIs são amplamente utilizadas em ambientes orientados a negócios enquanto NUIs são mais orientadas a diversão e lazer (WIGDOR; WIXON, 2011).

2.5 DIRETRIZES PARA DESIGN DE JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO E INTERFACES NATURAIS

Segundo (NORMAN, 2010), devido a pressa para criar interfaces naturais (ou gestuais), padrões bem testados e compreendidos do design de interação foram ignorados e violados. Os principais problemas, segundo o autor, são a falta de regras (*guidelines* bem estabelecidas para controles gestuais; a insistência de desenvolvedores e companhias em ignorar convenções estabelecidas e estabelecer novas mal-concebidas; e a ignorância da comunidade de desenvolvedores com relação área de Interação Humano-Computador (IHC) que faz com que espalhem seus projetos não testados e não aprovados entre o público. Ainda, uma interface natural apresenta desafios como, por exemplo, não cair na armadilha de utilizar uma interface *Windows, Icon, Menu, Pointing Device* (WIMP), que é feita para mouse e teclado, ao invés de uma interface nova adaptada para novas formas de entrada (WIGDOR; WIXON, 2011).

Sendo assim, fica evidente a necessidade de estabelecer algumas diretrizes para o design de interfaces gestuais e jogos sérios. Para isso, serão utilizados os trabalhos de Norman (2004), Norman (2010), Norman e Nielsen (2010), Procházka et al. (2013), Wigdor e Wixon (2011), Saffer (2008), Laamarti, Eid e Saddik (2014), Pachoulakis, Papadopoulos e Spanaki (2015) para selecionar as diretrizes que são mais importantes na concepção de interfaces naturais e jogos sérios e que são mencionadas por mais de um autor. Foram destacadas as diretrizes:

1. Simplicidade: segundo Procházka et al. (2013) o primeiro fator que se deve levar em conta ao projetar uma interface gestual é a simplicidade. A interface deve ser sim-

ples e não punir aqueles que estão vulneráveis com gestos complexos que apenas jovens conseguem realizar (SAFFER, 2008). As melhores interações são aquelas que conseguem transformar algo complexo em simples e elegante (WIGDOR; WIXON, 2011).

2. *Affordance*: é o atributo de um objeto que permite saber como interagir com algo baseado na sua forma e/ou função (SAFFER, 2008). *Affordance* é quando um objeto é perceptivelmente óbvio e fácil para uma pessoa saber como interagir com ele. Por exemplo, mesmo que uma pessoa nunca tenha visto uma xícara/caneca em sua vida ela saberá como usá-la pelo uso de *affordances* na alça. Norman (2004), adiciona ainda que metáforas bem definidas contribuem para construção de *affordances*.
3. *Feedback*: como não existem *feedbacks* táteis ou visuais em interfaces naturais e um gesto não deixa um rastro no ar, é preciso dar retorno aos usuários sobre as suas ações, se a ação foi ou não executada, se o movimento foi realizado de forma errada, se um botão foi apertado, etc. Fica evidente a necessidade de *feedbacks*, principalmente, sonoros. O *Feedback* positivo é extremamente importante para manter o jogador motivado, por outro lado o *feedback* negativo deve ser evitado (SAFFER, 2008; CHEN, 2014a; NORMAN; NIELSEN, 2010; WIGDOR; WIXON, 2011; PLEMMONS; MANDEL, 2014b; LAAMARTI; EID; SADDIK, 2014; PACHOULAKIS; PAPADOPOULOS; SPANAKI, 2015)
4. Contexto: criar interações que são apropriadas para o contexto que elas estão inseridas, pois gestos variam de cultura para cultura e podem ter reações inconvenientes em público; há interações que funcionam bem em um ambiente privado, mas não funcionam em público, como é o caso dos jogos de dança. Além disso, o gesto tem que fazer sentido para a ação e o contexto que ele está inserido, por exemplo, não faria sentido, em um smartphone, utilizar um gesto *pinch-to-zoom* para passar para a próxima foto (SAFFER, 2008; WIGDOR; WIXON, 2011).
5. Adaptabilidade: adaptação a realidade e capacidade do jogador. Evidências mostram que jogos comerciais não são adaptáveis as necessidades do pacientes, é sugerido que os movimentos sejam baseados e adaptados de treinamentos de reabilitação existentes. Ainda, é recomendado que seja possível adaptar a dificuldade e

os parâmetros da interação com base nas capacidades do jogador.(PACHOULAKIS; PAPADOPOULOS; SPANAKI, 2015; LAAMARTI; EID; SADDIK, 2014)

6. Confiança: criar interações que sejam confiáveis e seguras, não somente em questões físicas mas também privadas, que não comprometam a integridade de outras pessoas. Por exemplo, no caso do Wii Fit, as interações eram bastante naturais para os jogos que estavam sendo propostos, mas não eram seguras, pois muitos jogadores se acidentaram ou quebraram objetos ao realizar movimentos extremos com os controles. A interação deve ser segura para que jogadores com dificuldades motoras, como no caso da DP, possam jogar. Uma interação não deve precisar de medidas extras de segurança, dessa forma, ela pode ser utilizada em qualquer ambiente (PACHOULAKIS; PAPADOPOULOS; SPANAKI, 2015)(SAFFER, 2008; NORMAN; NIELSEN, 2010).
7. Consistência: as interações que podem ser realizadas devem ser consistentes durante toda experiência com a aplicação. Há gestos que dependem da sensibilidade do sensor para serem detectados corretamente. O designer deve projetar as interações para que possam ocorrer de forma consistente, sempre apresentando o mesmo resultado (NORMAN, 2004; PLEMMONS; MANDEL, 2014b).
8. Projetar para dedos e mãos: levar em conta que o usuário está interagindo com mãos e dedos com a interface e, conseqüentemente, com menos precisão do que com mouse e teclado. Logo, sugere-se construir interações que tenham elementos de interface maiores que 10mm para interações baseadas em canetas; e maiores que 15mm para que possam ser utilizados por membros do corpo, como dedos ou mãos (WIGDOR; WIXON, 2011; SAFFER, 2008).
9. Fisiologia e Cinesiologia: é preciso ter em mente as características e limitações do corpo humano. Não é possível manter os braços no ar por muito tempo (*gorilla arms*), muito menos mantê-los no ar e realizar gestos e tarefas repetitivas (SAFFER, 2008; WIGDOR; WIXON, 2011). As interações ou gestos devem ser breves, e quando foram prolongadas é preciso que deem um tempo de descanso para o usuário. Quando uma posição for desconfortável, ela deve ser evitada (CHEN, 2014b).

2.6 CONSIDERAÇÕES

Na Seção 2.2 foram apresentadas as principais características da Doença de Parkinson e como os sintomas podem prejudicar intensamente as habilidades motoras finas e também a cognição do indivíduo. Hipóteses relacionam a degradação motora a ALC, e que nesses casos tratamento com fármacos não teria efeito. Evidências mostram que o tratamento através da fisioterapia ajuda a conter alguns dos sintomas da doença, mas que fatores como depressão, demência e falta de motivação para frequentar as sessões podem afastar alguns pacientes. Como alternativa, autores sugerem o uso de jogos sérios personalizados para tentar melhorar a experiência da reabilitação na DP.

Na Seção 2.3 foram apresentados os conceitos e classificações relacionados a jogos sérios para saúde. Muitos estudos na área utilizaram jogos comerciais e mesmo que esses tenham efeitos positivos, ainda existem evidências de que alguns deles podem apresentar ambientes não favoráveis a idosos: jogos que são muito rápidos, interfaces muito complexas, barulhos e música muito intensa. Dessa forma, os autores propõem, que os jogos sejam criados com base em ambientes familiares aos grupos e com atividades que sejam prazerosas, deixando evidente a necessidade dos jogos serem personalizados de acordo com os objetivos, nível de dificuldade e flexibilidade de regras para cada programa de reabilitação. Ainda, existem evidências que apontam jogos sérios para saúde como uma procedimento para tratamentos de reabilitação, com resultados positivos para a motivação e melhora dos sintomas. Por fim, notou-se um número pequeno de jogos que pertenciam a categoria de reabilitação e um número menor ainda focados em habilidades motoras e doença de Parkinson.

Na seção Seção 2.4 foram revisados os conceitos de diversos autores sobre o tema de interfaces naturais, interfaces gestuais, ou ainda *natural user interfaces*. Concluiu-se que INs são interfaces intuitivas e fáceis de aprender que usam alguma forma de interação através de membros do corpo e permitem que o usuário interaja com o sistema naturalmente. INs vão definir como interagimos com máquinas no futuro. Porém, os autores deixam claro que é preciso desenvolver conjunto de diretrizes ou *guidelines* para o design desses novos tipos de interfaces, assim como já existem diretrizes bem estabelecidas para o design de interações de forma tradicional. Sendo assim, na Seção 2.5 foram propostas *guidelines* para o desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação e interfaces naturais com base na literatura.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LEAP MOTION

O Leap motion é um dispositivo USB que é capaz de detectar movimentos das mãos e dos dedos, em um ambiente 3D, com alta precisão e performance (Figura 3.1). Foi introduzido no mercado com o nome “The Leap” em 2012 pela companhia “Leap Motion”. Em 2013, o dispositivo foi atualizado para sua versão final e renomeado para “Leap Motion” (Leap Motion, 2015).

Figura 3.1 – O dispositivo Leap Motion.



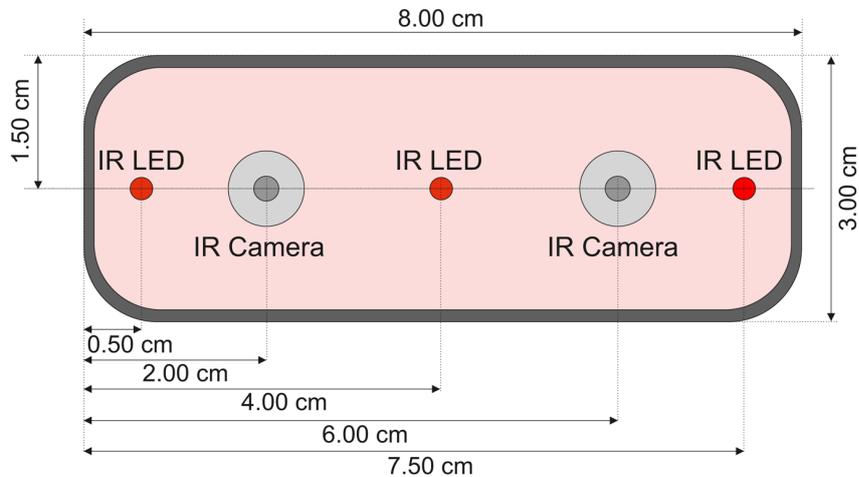
Fonte: Leap Motion (2015)

3.1.1 Hardware

O dispositivo é relativamente pequeno e robusto. Tem um tamanho de aproximadamente 80 mm de largura, 12.7 mm de altura e 30 mm de profundidade. No interior, o dispositivo apresenta três emissores de infra-vermelho e dois sensores de infra-vermelho (HORD, 2013). As partes do dispositivo podem ser observadas na Figura 3.2.

Os três emissores de infra-vermelho (IR) e 2 sensores combinados conseguem gerar uma área de interação de cerca de 61 cm³, que tem o formato de um hemisfério e um campo de visão (*Field of View*, FOV) de 25 mm até 600 mm e 150° em relação ao dispositivo (Figura 3.3). O FOV é limitado por causa da propagação da luz pelo espaço, significando que, após uma distância, fica difícil medir a posição das mãos em um espaço 3D pois a intensidade máxima da luz é limitada pela corrente do USB (COLGAN, 2014).

Figura 3.2 – Representação do hardware do Leap Motion, estão ilustradas as dimensões do dispositivo, os 3 emissores de IR e os dois sensores de IR.



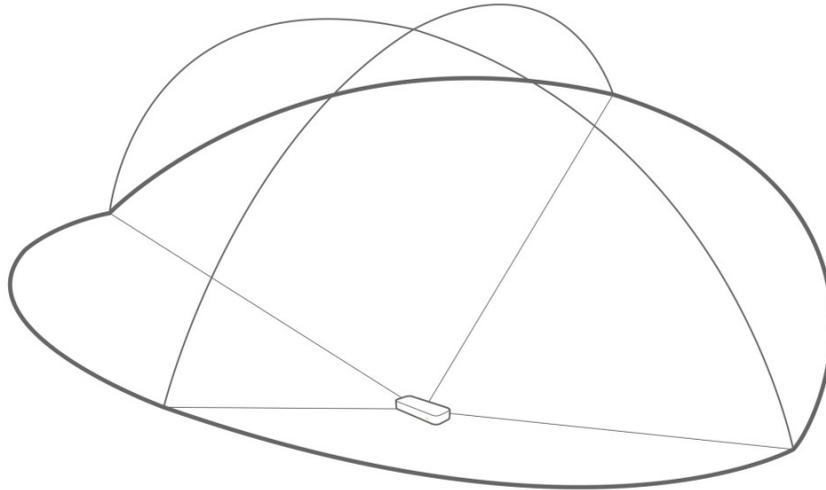
Fonte: Weichert et al. (2013)

O Leap é capaz de detectar movimentos dos dedos com uma precisão de 1/100 de um milímetro, de acordo com Leap Motion (2015). Porém, o estudo de Weichert et al. (2013) diz que não foi possível atingir essa precisão teórica de 0.01mm em condições reais, mas foi possível atingir uma precisão de 0.7mm em movimentos não lineares ao testar com braços robóticos. Mesmo assim, o Leap Motion continua tendo uma precisão superior se comparado a outros dispositivos no mercado como o Kinect que apresenta uma precisão de 1,5 cm aproximadamente. Além de ter uma precisão maior, o Leap Motion apresenta uma taxa de atualização superior a 200 *frames* por segundo (o Kinect v1 suporta apenas 30 *frames*), permitindo que o processamento da informação consiga acompanhar os movimentos em tempo real (HAN; GOLD, 2014; Leap Motion, 2015).

3.1.2 Software

Após os dados da imagem serem capturados pelos sensores e enviados para o computador via USB, o Leap Motion aplica algoritmos avançados sobre os dados puros. Os dados da imagem, são basicamente uma imagem estéreo (por causa das duas câmeras) em escala de cinza e que se aproxima do espectro de luz infra-vermelha. Então, estes dados são processados por serviços do software que fazem parte do driver do dispositivo. Basicamente, o software aplica alguns procedimentos para compensação de luz com

Figura 3.3 – Representação do campo de visão (FOV) / área de interação das câmeras infravermelho do Leap Motion. São 61 cm acima do dispositivo, por 61 cm para cada lado (150°), por 61 cm de profundidade em cada lado (120°).



Fonte: Colgan (2014).

relação ao ambiente e adaptação do plano de fundo (COLGAN, 2014).

O software gera uma representação 3D do que o dispositivo consegue enxergar. A partir de dados da imagem, ele consegue inferir posição, objetos que estão na imagem e objetos que estão ocultos. Esse tipo de inferência é possível devido a particularidades das ondas emitidas pelos emissores IR, facilitando o processo de separação de informações desnecessárias ao filtrar as ondas. O software usa um modelo interno da mão humana para ajudar nos cálculos da posição real da mão, mesmo quando elementos estão escondidos do sensor. Embora a precisão da informação sobre a mão é melhor quando se tem a silhueta completa e bem definida, o *software* calcula uma posição estimada da posição dos elementos que estão ocultos. Para isso, são combinadas informações dos elementos visíveis, do modelo interno e dados de *frames* anteriores (COLGAN, 2014).

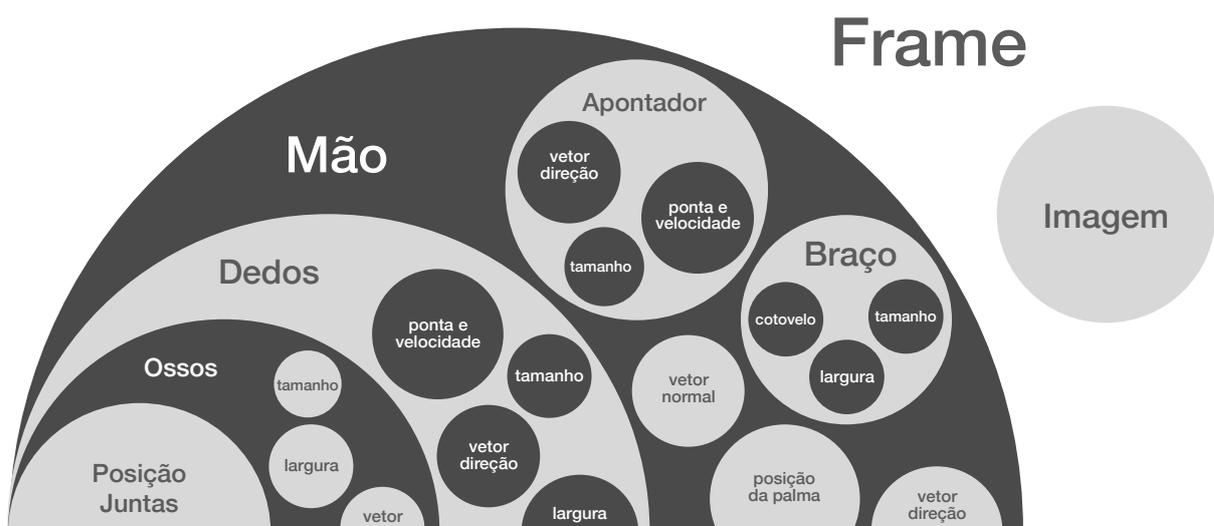
Além disso, o software computa os movimentos realizados pelas mãos através da comparação da posição, tamanho e rotação obtidos no *frame* anterior. A partir dessa computação dos movimentos o software pode inferir alguns padrões no movimentos e identificar gestos como *swipe*, circular e clique (DAVIS, 2014).

3.1.3 Leap Motion API

No website do Leap Motion (Leap Motion, 2015), existem diversos *Software Development Kits* (SDKs) Um SDK geralmente empacota classes, funções, utilitários, modelos e documentação para facilitar o desenvolvimento para download, bem como, a documentação para diversas linguagens e ambientes de programação como, Python, Java, C#, Unity 3D, e como fazer o uso da *Application Programming Interface* (API) que entrega os dados de cada frame do dispositivo (COLGAN, 2014).

A API do Leap Motion disponibiliza uma maneira padronizada para requisitar e recuperar as informações captadas pelo dispositivo. A API apresenta uma série de classes e funções dentro de uma hierarquia de classes e objetos para acessar cada elemento que é rastreado pelo Leap Motion. Por exemplo, o elemento raiz da hierarquia é o *Frame*, no mesmo nível é possível acessar informações específicas do *frame* e a imagem que é capturada, dentro de um *frame* é possível acessar as informações referente as mãos e, conseqüentemente, dentro do objeto das mãos é possível acessar informações sobre os dedos, braços, etc (DAVIS, 2014). Uma representação visual da API do Leap Motion está disponível na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Representação da hierarquia de objetos e atributos contidos em um *frame* de dados que é transmitido pela API do Leap Motion



Fonte: Adaptado e Traduzido de Davis (2014)

3.2 MOTOR DE JOGO

Um motor de jogo é um conjunto de códigos, ferramentas e outras utilidades desenvolvidas para construção de jogos específicos (posteriormente pode ser adaptada e disponibilizada no mercado) ou pode ser uma solução genérica para diversos estilos de jogos. De outra forma, um motor de jogo lida com todas as mecânicas que estão escondidas atrás de um jogo, desde as funções matemáticas e de vetores até a representação da cena e controle de *frames* que serão exibidos na tela (GOLDSTONE, 2009). Alguns dos motores de jogos mais populares e que possuem uma versão gratuita são a Unity Engine, Unreal Engine e GameMaker Engine.

Dentre os motores citados, a Unity é a ferramenta mais popular para criação de jogos, tanto 2D quanto 3D, permitindo o controle de animações, gráficos, iluminação, áudio, física, etc. Além de conter o próprio motor de jogo, também apresenta outras ferramentas como um editor visual para os jogos, IDE (*Integrated Development Environment*) MonoDevelop para programação em C# ou JavaScript e, ainda, apresenta opção de portabilidade para outras plataformas como Windows, Mac, Linux, iOS, Android e Consoles populares.

Além do Unity, o Leap Motion apresenta suporte a outros motores de jogos e linguagens. Porém, o motor de jogo Unity foi escolhido, principalmente, devido a sua grande coleção de ferramentas e características para desenvolvimento de jogos que facilitam e agilizam o processo de prototipação. Não obstante, é possível dizer que a equipe de desenvolvimento do dispositivo Leap Motion tem sua atenção voltada para plataforma Unity, sendo considerável a diferença na quantidade e qualidade dos recursos disponíveis com relação a outras plataformas, desde a qualidade da documentação até a quantidade de objetos pré-fabricados e *scripts* de código. Também, destaca-se por ser o motor mais utilizado dentre os desenvolvedores de jogos e ter uma comunidade bastante ativa. Segundo dados de Unity (2016), a ferramenta ocupava uma fatia de 45% do mercado de desenvolvimento de jogos em 2014 e possui mais de 4.5 milhões de desenvolvedores registrados.

3.3 GAME EXPERIENCE QUESTIONNAIRE - GEQ

A experiência do usuário ao utilizar softwares tradicionais e a experiência em jogos são compostas por aspectos diferentes, dessa forma, precisam ser avaliadas de forma di-

ferente. O GEQ é um instrumento para avaliar a experiência do jogo através da percepção do jogador (NORMAN, 2013), e ele foi desenvolvido por IJsselstajjn, Kort e Poels (2013) na Technische Universiteit Eindhoven. O instrumento de avaliação é composto por 4 módulos: módulo base; módulo em-jogo; módulo pós-jogo; e o módulo social. As questões são respondidas utilizando uma escala de avaliação Likert que vai de 0 até 4 (ou de “nada/nenhum” até “extremamente”) e o seu sistema de escores possui redundâncias e itens descartáveis como prevenção para casos em que ocorram perda de sentido ou entendimento devido a tradução dos itens. O modelo original do GEQ pode ser encontrado no Anexo A.

O módulo base possui 33 perguntas e o resultado pode ser obtido através do cálculo dos escores de sete componentes, que são descritos por Poels, Kort e IJsselstajjn (2012) como:

- Imersão: identificação, imersão na história, gráficos e áudios agradáveis;
- Fluxo: concentração profunda, noção de tempo, conexão com o mundo externo;
- Competência: orgulho, sucesso, habilidade, euforia e realização;
- Efeito positivo: diversão, maravilhamento, prazer, relaxamento, humor;
- Efeito negativo: frustração, decepção, irritação, raiva, tédio;
- Tensão: tensão, pressão, ansiedade, suspense, cansaço;
- Desafio: dificuldade, esforço, aprendizado, estímulo;

O módulo em-jogo possui 14 questões (as perguntas são um espelho das expressadas no módulo central) e seu propósito é ser aplicado logo após pequenas pausas durante uma sessão longa de jogo. O módulo pós-jogo tem 17 perguntas e avalia como o jogador se sentiu após o final da sessão completa de jogo, os componentes para escore deste módulo são classificados em: experiência positiva; experiência negativa; cansaço; e retorno para realidade. A média de escores para os componentes do módulo pós-jogo que foram obtidos na validação por Poels, Kort e IJsselstajjn (2012) está demonstrada na Tabela 3.2. O módulo social é projetado para jogos que possuem características multi-jogador e tem como objetivo entender como os jogadores interagiram entre si durante a sessão de jogo,

para isso, utiliza 17 questões que são classificadas em 3 componentes para cálculo dos escores: empatia; sentimentos negativos; e envolvimento comportamental.

A construção e validação desse instrumento está descrita no trabalho de Poels, Kort e Ijsselsteijn (2007). Participaram da avaliação 380 pessoas (254 homens, 120 mulheres e 6 nulos) com frequências de jogo diariamente (29%), semanalmente (38%), mensalmente (13%) e poucas vezes no ano (12%). Basicamente, os participantes tinham que jogar um jogo de sua escolha, e imediatamente após a sessão de jogo deveriam responder o questionário. A partir dos resultados os autores calcularam os valores médios para cada componente de cada módulo do questionário. As médias obtidas para o módulo base estão demonstradas na Tabela 3.1 e as médias encontradas para os componentes do módulo pós-jogo podem ser observadas na Tabela 3.2. Esses valores encontrados a partir da resposta de 380 participantes podem ser considerados como os valores referência para comparações com os escores obtidos na avaliação de outros jogos. Ainda, os autores classificaram os escores de cada componente em função do sexo da pessoa, da frequência de jogo e do gênero do jogo que foi jogado (POELS; KORT; IJSSELSTEIJN, 2007).

Tabela 3.1 – Escores médios de cada componente do GEQ:Base encontrados na validação com 380 participantes por Poels, Kort e Ijsselsteijn (2007).

Componente	Média	SD	Min.	Max.
Competência	1.72	1.12	.00	4.00
Imersão	2.28	.80	.00	4.00
Fluxo	1.63	1.02	.00	4.00
Tensão	.88	.77	.00	3.80
Desafio	1.70	.79	.00	4.00
Efeito Negativo	.57	.60	.00	3.40
Efeito Positivo	2.55	.73	.00	4.00

Fonte: Traduzido de Poels, Kort e Ijsselsteijn (2007)

Tabela 3.2 – Escores médios de cada componente do GEQ:Pós-Jogo encontrados na validação com 380 participantes por Poels, Kort e Ijsselsteijn (2007).

Componente	Média	SD	Min.	Max.
Experiência Positiva	1.58	1.04	.00	4.00
Experiência Negativa	.51	.62	.00	3.30
Cansaço	.40	.70	.00	4.00
Retornar à Realidade	.34	.60	.00	4.00

Fonte: Traduzido de Poels, Kort e Ijsselsteijn (2007)

Neste trabalho, foram utilizados os módulos base e pós-jogo. Devido ao fato de que as sessões para cada jogo eram consideravelmente curtas, logo não era necessário realizar pausas para verificar a experiência durante o jogo; e todos os jogos avaliados possuem somente modo para um jogador, os módulos em-jogo e social não foram utilizados. Também foram adicionados itens de controle e identificação como idade, sexo, ocupação no início do questionário. Ao fim do questionário, foram adicionadas 4 questões sobre a funcionalidade e uso da habilidade manual: além dos dados coletados por via de questionários, também foram coletadas as pontuações obtidas por cada jogador ao final de cada partida.

3.4 MÉTODO

A pesquisa pode ser classificada como aplicada, qualitativa, exploratória e experimental. Aplicada em razão dos seus objetivos, pois busca tentar solucionar um problema da prática; Qualitativa de acordo com a natureza dos dados que serão obtidos e como serão tratados; Exploratória com relação as descobertas; Experimental de forma a descobrir se as intervenções geram os resultados esperados.

Foram desenvolvidos 3 protótipos de jogos sérios, baseados em abordagens da fisioterapia e os estudos que foram apresentados no Capítulo 2, visando o desenvolvimento da habilidade motora fina e utilizando o Leap Motion como sensor de movimentos das mãos. Os protótipos foram testados e avaliados com um grupo controle de sujeitos normais composto por uma amostra heterogênea de profissionais, professores e estudantes que atuam na Unidade de Reabilitação do Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM). Os jogos foram testados separadamente em sessões de um minuto e trinta segundos (1m30s), após a sessão, cada participante respondeu um questionário sobre a experiência e usabilidade do jogo (GEQ) acrescido de quatro (4) questões sobre funcionalidade e o uso da habilidade manual. Os resultados obtidos foram analisados com o intuito de verificar a consistência e a validade do sistema de jogos sérios desenvolvidos como uma ferramenta de apoio a recuperação e reabilitação dos movimentos manuais. O questionário completo pode ser conferido no Apêndice A.

3.4.1 Preparação

Os experimentos foram conduzidos na Unidade de Reabilitação do HUSM, em uma sala com espaço suficiente, climatizada e luminosidade controlada. O último item é extremamente importante, pois a luz natural infra-vermelha que é emitida pelo sol pode interferir drasticamente na capacidade de rastreamento e precisão do Leap Motion.

A configuração do teste incluiu uma cadeira para os participantes e uma mesa para o computador, monitor e o Leap Motion. O computador utilizado foi um Macbook Pro Retina de 15,6", processador 2.3GHz Intel Core i7, Memória de 8GB 1600MHz DDR, Placa de vídeo NVIDIA GeForce GT 650M 1024MB. O dispositivo foi colocado sobre a mesa, em frente ao monitor. Uma câmera em um tripé foi colocada no canto da sala para propósito de registro dos testes. Os questionários e o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Apêndice B) foram impressos em papel.

Os protótipos podem ser configurados para terminarem através de uma contagem regressiva e limite de pontos ou através de uma contagem progressiva e um limite de pontos. Nesse caso, o tempo limite de um minuto e meio (1m30s) para cada jogo foi determinado pelos fisioterapeutas como ideal para a condução do experimento. Os participantes deveriam somar o máximo de pontos possíveis antes de o tempo acabar. Ainda, foi determinado conjuntamente com os fisioterapeutas de que os participantes deveriam utilizar somente a mão dominante para jogar (mesmo que os jogos possibilitem a configuração para destros e sinistros).

3.4.2 Participantes

Os participantes foram admitidos para o experimento de forma aleatória em caráter voluntário (sem qualquer compensação monetária) nas premissas da Unidade de Reabilitação do HUSM. Todos os participantes envolvidos possuíam conhecimentos na área de fisioterapia: estudantes, técnicos, fisioterapeutas e professores. No total, o experimento foi conduzido com 20 participantes, todos adultos e saudáveis. De acordo com Nielsen (2012), em um teste de experiência do usuário ou usabilidade, apenas cinco pessoas são suficientes para descobrir cerca de 80% dos problemas, mas em casos de pesquisas quantitativas é recomendado um número aproximado de 20 pessoas. Ainda, Calderón e Ruiz

(2015) apresentam dados obtidos através de uma revisão de trabalhos e concluíram que a maioria dos experimentos de avaliação de jogos possui uma população entre 11 e 20 pessoas.

3.4.3 Procedimento

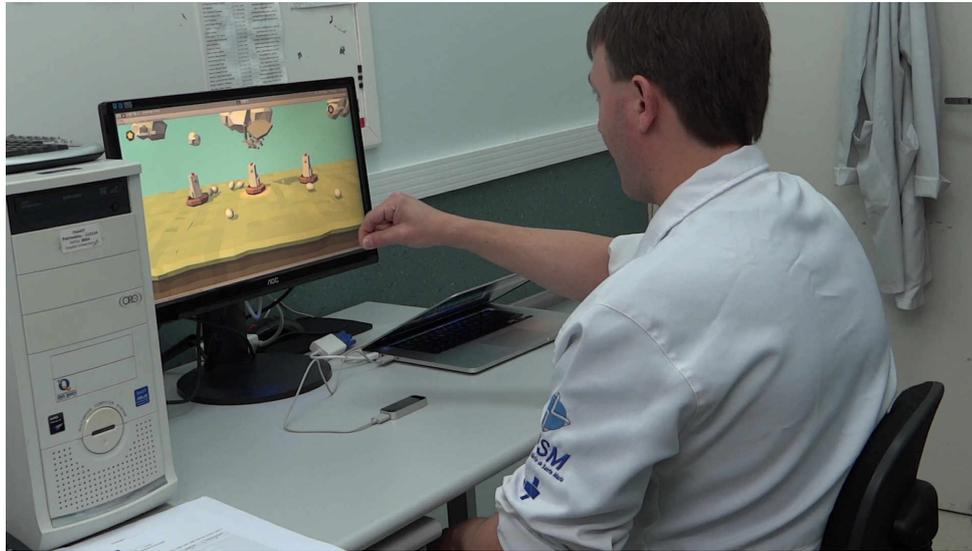
Inicialmente, cada participante foi admitido individualmente e posicionado sentado em uma cadeira em frente a uma mesa com um monitor e o dispositivo Leap Motion. Todos foram instruídos a preencherem o TCLE para prosseguir com os experimentos. Também, nessa fase inicial, os participantes recebiam uma breve explicação sobre o experimento e procedimentos.

Antes de iniciar a sessão de testes com cada jogo, os participantes eram apresentados ao Leap Motion e tinham um tempo para que pudessem ter contato com a tecnologia. Esse período, cerca de 2 a 3 minutos, é necessário para os participantes sentirem como o dispositivo detecta o movimento das mãos e perceberem quão longe podem movimentar as mãos e como interagir com ele. Nesse momento, os participantes puderam interagir livremente, sem intervenção, com o dispositivo utilizando o ambiente de visualização nativo do Leap Motion.

Após os participantes terem se familiarizado com o dispositivo, iniciou-se as sessões de jogo com os protótipos. Cada participante jogou por 1 minuto e 30 segundos. A Figura 3.5 demonstra o ambiente onde os testes foram realizados e um voluntário participando do experimento ao testar o jogo. Logo que um participante terminava a partida ele respondia o questionário de avaliação para o respectivo jogo, conforme as orientações encontradas em IJsselstajjn, Kort e Poels (2013). O mesmo ocorreu para os outros dois jogos. Toda a sessão de testes, com cada participante, desde a admissão até o preenchimento dos questionários levou em torno de 20 minutos, dependendo principalmente da velocidade de cada participante para responder cada questionário. Além das respostas obtidas dos questionários, assim que a partida terminava a pontuação/escore obtida por cada participante e em cada jogo também foi coletada e armazenada.

Para que fosse possível analisar os dados obtidos através dos questionários, as respostas foram digitalizadas, organizadas em tabelas e os escores do GEQ para cada componente foram calculados. O escore de cada componente é determinado pela média

Figura 3.5 – Demonstração do ambiente de testes e de um voluntário participando do experimento ao testar o jogo *pinchicken*.



Fonte: Autor

aritmética das respostas que estão relacionadas àquele componente, cada componente e suas respectivas perguntas estão descritos no manual do GEQ (IJSELSTAIJN; KORT; POELS, 2013). Então, os escores obtidos para cada jogo foram comparados entre si. Foi utilizada a análise de variância simples (ANOVA) com $\alpha = 0.05$ para verificar se os escores do GEQ que foram obtidos tinham uma variância significativa ou se a experiência de jogo foi estatisticamente a mesma entre os três jogos. As hipóteses que foram verificadas eram as seguintes:

- H_0 = A experiência de jogo entre os três jogos é a mesma;
- H_1 = Ao menos um jogo apresenta uma experiência de jogo diferente dos demais.

4 FRAMEWORK CONCEITUAL

4.1 ARQUITETURA

A partir da revisão da literatura e do desenvolvimento inicial de protótipos, estudou-se uma proposta de arquitetura conceitual para o desenvolvimento de jogos sérios com foco na reabilitação de movimentos finos utilizando sensores de movimentos. O que se observou em etapas iniciais do desenvolvimento foi que havia uma arquitetura comum entre os três protótipos que foram construídos e, é a partir dessa base comum que se propõe esta arquitetura. Basicamente, a proposta apresenta cinco camadas: camada do usuário; camada de entrada/saída, camada de motor do jogo; camada de persistência de dados; e camada de aplicação. A arquitetura proposta está ilustrada em forma de diagrama na Figura 4.1.

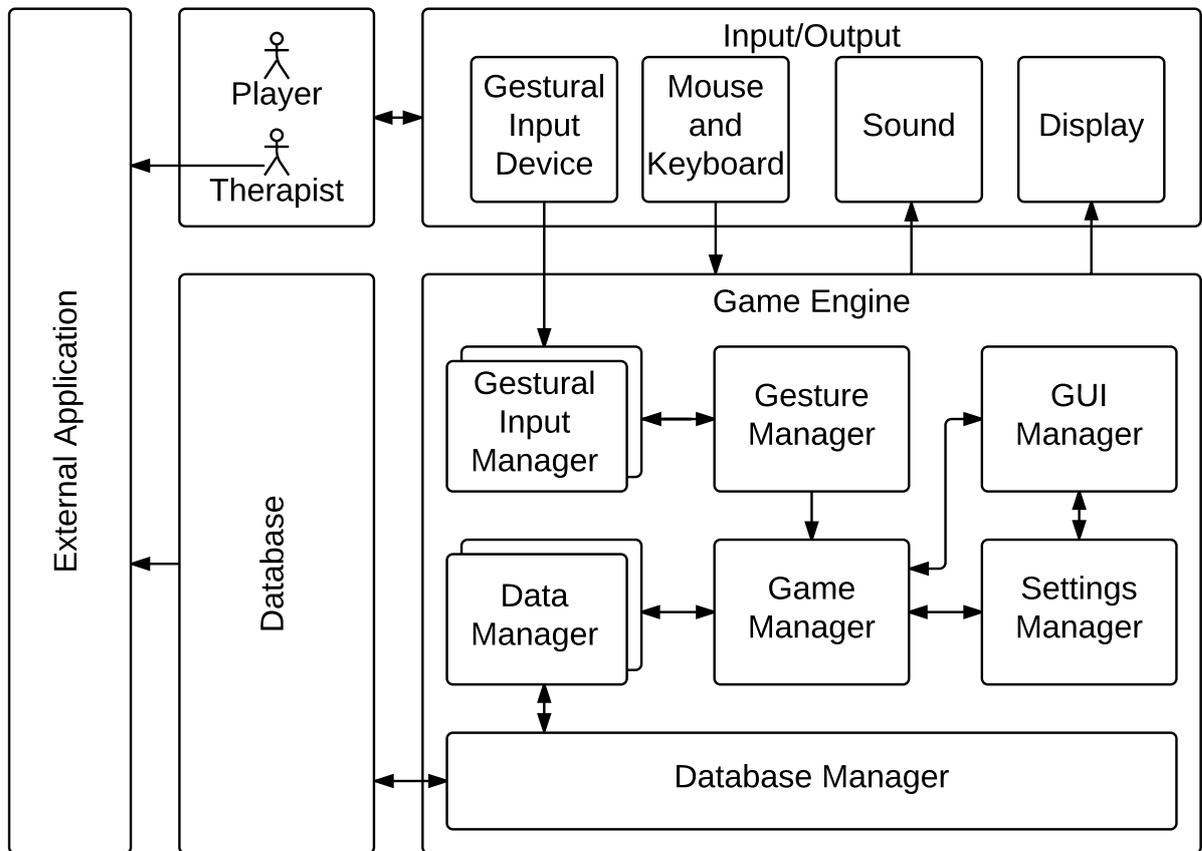
A camada do usuário é composta pelos atores do sistema: o jogador e o terapeuta. Ambos os usuários interagem com o jogo através da camada de entrada/saída. No caso específico desses protótipos, limitamos o acesso a camada de aplicação somente ao fisioterapeuta.

A camada de entrada/saída é responsável pela interação e interface com o usuário. É composta por elementos de hardware, e o principal componente é de dispositivos de entrada gestual (ou sensor de movimentos), responsável por capturar e transmitir dados relativos aos movimentos do corpo para a próxima camada; mouse e teclado; som e vídeo.

A camada do motor de jogo é responsável por toda lógica do jogo, desde receber os dados provenientes da camada de entrada/saída até a parte final de renderização do jogo. Geralmente, o trabalho desta camada pode ser delegado a um motor de jogo do mercado como os motores Unity Engine ou Unreal Engine. Os componentes presentes nesta camada são:

- *Gesture Input Manager*: processa os dados brutos resultantes do rastreamento que foram obtidos pelo hardware de entrada gestual; e prepara para que os dados sejam consumidos por outros componentes e objetos;
- *Gesture Manager*: responsável por receber os dados que foram polidos pelo con-

Figura 4.1 – Representação da arquitetura proposta para desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação utilizando Leap Motion



Fonte: Autor

trolador de entrada gestual e realizar uma análise pra detectar gestos e movimentos pré-definidos;

- *Game Manager*: é o componente responsável pelo gerenciamento de toda partida. Nele é controlado o *Loop* principal de execução da partida, gerenciamento de pontos e tempo;
- *GUI Manager*: é responsável por controlar os painéis e elementos de interface gráfica do jogo. Utiliza as informações que são recebidas de outros componentes de jogo e organiza essas informações para exibir na tela;
- *Settings Manager*: é responsável por controlar os ajustes e configurações do jogo, representa o fato de personalização de cada jogo de acordo com a necessidade do paciente;

- *Data Manager*: é o componente responsável por controlar o fluxo de dados entre as classes de objetos do jogo e o controlador de banco de dados;
- *Database Manager*: é responsável por controlar o armazenamento de dados serializando as informações do jogo e da partida e transferindo para camada de banco de dados.

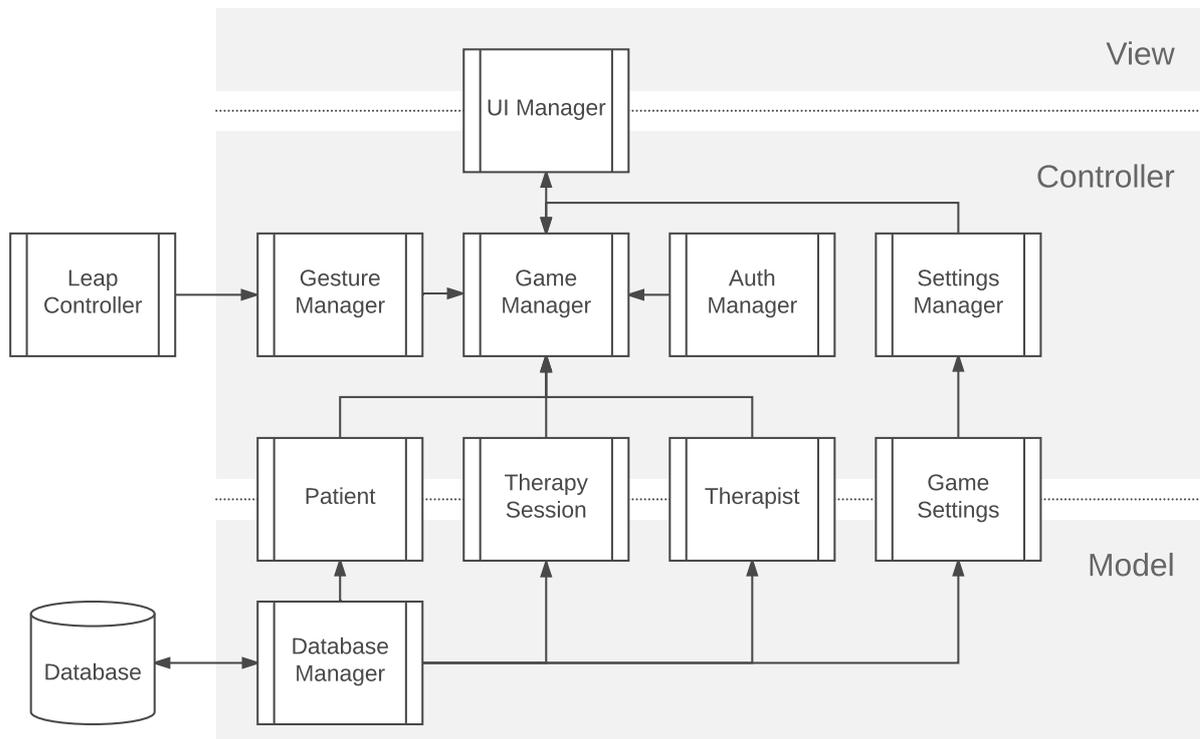
A camada de banco de dados é responsável por armazenar os dados que são coletados pelo controlador de banco de dados após o final de cada partida. Essa camada pode ser representada por um banco de dados convencional do mercado como MySQL, SQLite, Postgres ou, ainda, pode simplesmente ser um sistema de armazenamento em arquivos de texto como CSV ou JSON. A camada de aplicação pode ser representada por uma aplicação desktop, web ou mobile que consome os dados armazenados no banco de dados, através de acesso direto ou API. O intuito da camada de aplicação é prover uma forma de acesso direta e simplificada aos dados das sessões de tratamento, de forma que o fisioterapeuta possa manter um acompanhamento das atividades e progresso realizados pelos pacientes.

4.2 CLASSES

Com base na arquitetura proposta na Seção 4.1, foram criados scripts na linguagem de programação C# e utilizando ambiente de desenvolvimento do motor de jogo Unity. A estrutura de scripts criados pode servir como um ponto inicial (conhecido como *boilerplate*) ou até mesmo como *framework* para o desenvolvimento de jogos sérios que apresentem as mesmas características e necessidades. A estrutura do *framework* inicial que está sendo proposta pode ser observado na Figura 4.2.

Apesar de não estar estritamente baseado na arquitetura de *model-controller-view* (MVC), a organização proposta apresenta algumas características que foram inspiradas nesse modelo. Em uma arquitetura MVC tradicional, a camada *model* é a camada responsável pela interface com banco de dados e representação do modelo de dados da aplicação; a camada *controller* apresenta a lógica da aplicação e o roteamento / controle de fluxo da aplicação; enquanto a camada *view* seria responsável por controlar a apresentação da informação para o usuário.

Figura 4.2 – Diagrama de classes



Fonte: Autor

Nesse *framework*, é possível visualizar que algumas classes estão posicionadas entre uma camada e outra, representando que são classes que realizam dupla função dentro da arquitetura. Como o MVC é uma arquitetura estritamente orientada ao desenvolvimento de sistemas, é praticamente impossível utilizá-la em sua totalidade na construção de um jogo, que apresenta necessidades e características bem diferentes. Llopis (2010) aponta que programadores geralmente tentam solucionar um problema da forma mais elegante e generalista possível, para que consiga dar conta de qualquer situação. Porém, o autor afirma que no caso de jogos isso não é relevante, pois é preciso solucionar os problemas dos protótipos da maneira que for possível e codificar componentes para que funcionem para o caso específico do jogo, sem se preocupar com questões de desenvolvimento de sistemas. Dessa forma, as principais classes que compõe a proposta de *framework* são:

- UI Manager: essa classe é responsável por controlar os *Game Objects* e elementos da interface visual, como por exemplo o cronômetro da partida, pontuação, botões da interface e janelas de menus que aparecem e desaparecem. A classe é híbrida entre *view* e *controller*, pois também implementa algumas questões de lógica. O

ideal é que toda informação que seja mostrada na tela ou painel que seja ativado e desativado, passe por essa classe.

- **Game Manager:** é a principal classe do jogo, por isso possui referências para todas as outras classes *Managers* do *framework*. Ainda, essa classe é um *singleton*, significa que ela é única e pode ser acessada globalmente pelas outras classes;
- **Settings Manager:** é a classe responsável por controlar as configurações da partida. Ela faz o intermédio entre a classe UI Manager, os eventos de interface e a classe que contém a estrutura de dados e armazena no banco.
- **Gesture Manager:** é uma classe que interpreta os dados que são recebidos do Leap Controller e implementa métodos que indicam qual gesto está sendo realizado e qual o grau de intensidade do gesto. Por exemplo, o método que implementa a detecção do gestos de oposição pode ser visualizada em Código 4.1;
- **Leap Controller:** é uma classe oriunda do SDK do Leap Motion, ela é responsável por recuperar e tratar as informações brutas do dispositivo e encapsulá-las em um objeto que representa as mãos e os dedos;
- **Patient, Therapy Session, Therapist e Game Settings:** são classes que implementam a estrutura de dados, fazem as operações das classes e implementam a classe DatabaseManager para acessar o banco de dados.
- **Database Manager:** classe que realiza a conexão com o banco de dados SQL e implementa os métodos de consulta, alteração, inserção e remoção que podem ser utilizados por outras classes.

Como mencionado, foi preciso criar uma classe específica para o controle e detecção dos gestos usados como controle nos jogos. Apesar de a API do Leap Motion apresentar alguns valores de retorno com relação a intensidade do movimento de pinça ou do movimento de agarrar, eles não eram suficientes para o controle dos jogos de forma satisfatória. Por exemplo, o valor da propriedade *PinchStrength* na API do Leap Motion, na verdade, é calculado a partir da distância de todos os dedos com relação a ponta do polegar. Dessa forma, não era possível ter um valor confiável para cada dedo separadamente. Então, através de uma função criada especificamente para a detecção do gesto de oposição e/ou pinça (Código 4.1) foi possível isolar essas interações com valores confiáveis.

Basicamente, o que esse método faz é capturar a posição do dedo que foi indicado por parâmetro e a posição do polegar. Em seguida calcula-se a distância entre os dois vetores de posição dos dedos através da subtração entre os vetores. A magnitude do resultado define a distância entre um dedo e outro. Porém, isso não garante a força/confiança do movimento de pinça. Por isso, é preciso normalizar o valor obtido com relação a escala que pretende-se utilizar. Por fim, é feito um *clamp* na distância normalizada para que esse valor seja entre 0 e 1.

Código 4.1: Função `getPinchStrenght()`, que permite mensurar a força do movimento de pinça com relação a qualquer dedo.

```

1 public float getPinchStrenght (int finger) {
2     if (m_handModel != null) {
3         Vector3 fingerPosition =
4             m_handModel.fingers[finger].GetTipPosition();
5         Vector3 thumbPosition = m_handModel.fingers[0].GetTipPosition ();
6         float distance = (fingerPosition - thumbPosition).magnitude;
7         float normalizedDistance = (distance - m_pinchMinDistance) /
8             (m_pinchMaxDistance - m_pinchMinDistance);
9         normalizedDistance = 1.0f - Mathf.Clamp01 (normalizedDistance);
10        return normalizedDistance;
11    } else { return 0.0f; }
12 }

```

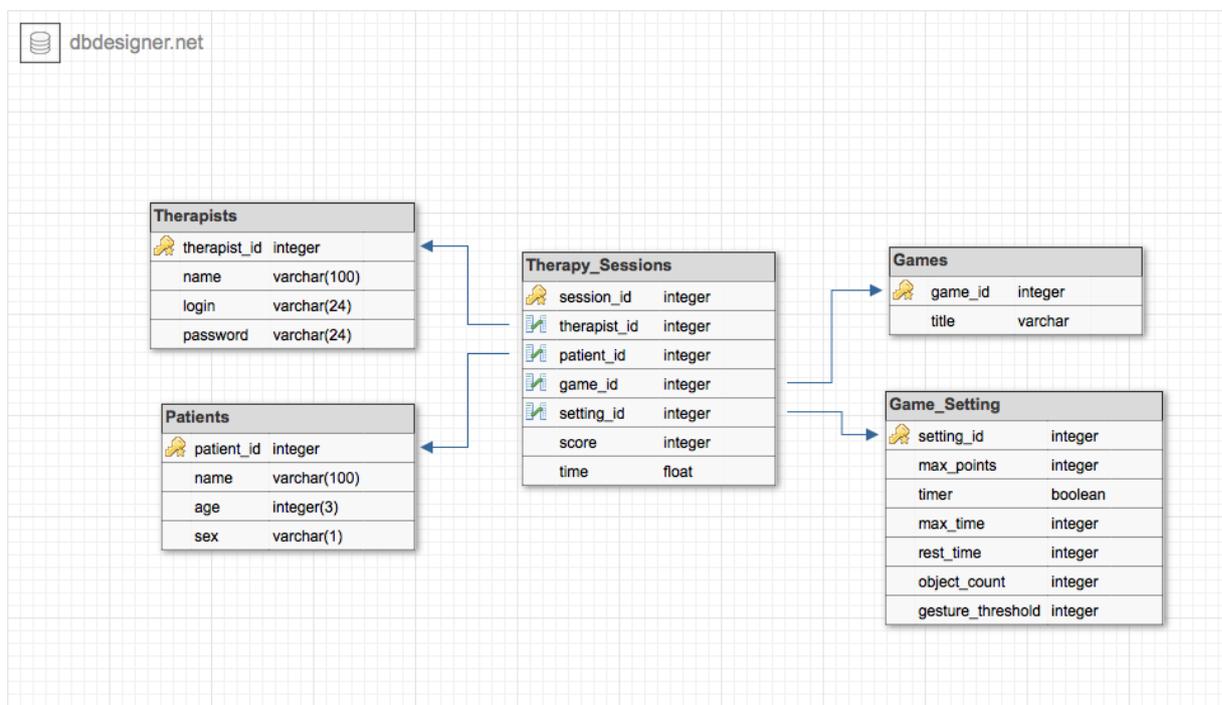
4.3 BANCO DE DADOS

A partir dos requisitos iniciais, juntamente com a estrutura apresentada na Seção 4.1 e o diagrama de classe na Seção 4.2, é proposto um modelo conceitual de banco de dados para o sistema de jogos. As tabelas foram definidas de acordo com as estruturas de classes apresentadas anteriormente, e os atributos foram definidos com base nos requisitos iniciais. O modelo conceitual do banco de dados está representado no diagrama da Figura 4.3 e inclui as seguintes tabelas:

- Tabela ***therapists***, armazena os dados de identificação e login do fisioterapeuta;
- Tabela ***patients***, armazena os dados de identificação do paciente;

- Tabela **games**, armazena as possibilidades de jogos de uma sessão de fisioterapia;
- Tabela **game settings**, armazena as configurações da partida, como máximo de pontos, tempo, sensibilidade do gesto, etc.
- Tabela **therapy sessions**, armazena os dados da sessão de jogo de um paciente, como o jogo da sessão, as configurações da partida, o escore do jogador, o tempo, etc.

Figura 4.3 – Modelo conceitual do banco de dados



Fonte: Autor

Inicialmente, o modelo do banco de dados tem como propósito principal o armazenamento dos dados que serão coletados durante as sessões de fisioterapia. Em um segundo momento, seria possível desenvolver uma API REST¹ (*Representational State Transfer*) com base nessa estrutura do banco de dados e permitir que outras aplicações realizassem interface com os dados armazenados pelo sistema de jogo. Por exemplo, pode-se querer um sistema com interface web para acompanhar os índices e desempenho de cada jogador; ou ainda desenvolver um sistema para analisar estatisticamente os dados coletados.

¹De forma simplificada, são APIs que utilizam os métodos GET, POST, UPDATE e DELETE do protocolo HTTP para disponibilizar recursos através de chaves.

4.4 CONSIDERAÇÕES

A proposta de criar um framework conceitual surgiu a partir da verificação de semelhanças na arquitetura e classes utilizadas no desenvolvimento de protótipos de jogos sérios para saúde. Dentro dessa proposta foram inclusos a arquitetura para o projeto, diagrama de classes e modelagem do banco de dados. Após a conclusão do desenvolvimento dos três protótipos, pode se dizer que o *framework* proposto foi eficiente dentro da sua proposta como *boilerplate*² e estrutura para o desenvolvimento. Sendo assim, ele poderá auxiliar no desenvolvimento de outros protótipos de jogos sérios para reabilitação de movimentos finos que façam o uso de dispositivos como o Leap Motion, servindo como base ou ponto de partida para o desenvolvimento. Lembrando que, como um *boilerplate*, os modelos apresentados podem e devem sofrer alterações de acordo com as especificidades de cada projeto.

²O termo refere-se a uma estrutura de código que pode ser reutilizada ou utilizada como ponto de partida para desenvolvimento de uma solução.

5 PROTÓTIPOS

Um protótipo é uma versão simplificada do jogo, mas que pode ser testada. Protótipos são elaborados com o fim de testar funcionalidades do jogo antes que decisões importantes sejam feitas e dinheiro seja investido. Servem para testar com o público alvo se o jogo atende às expectativas e apresenta a jogabilidade desejada.

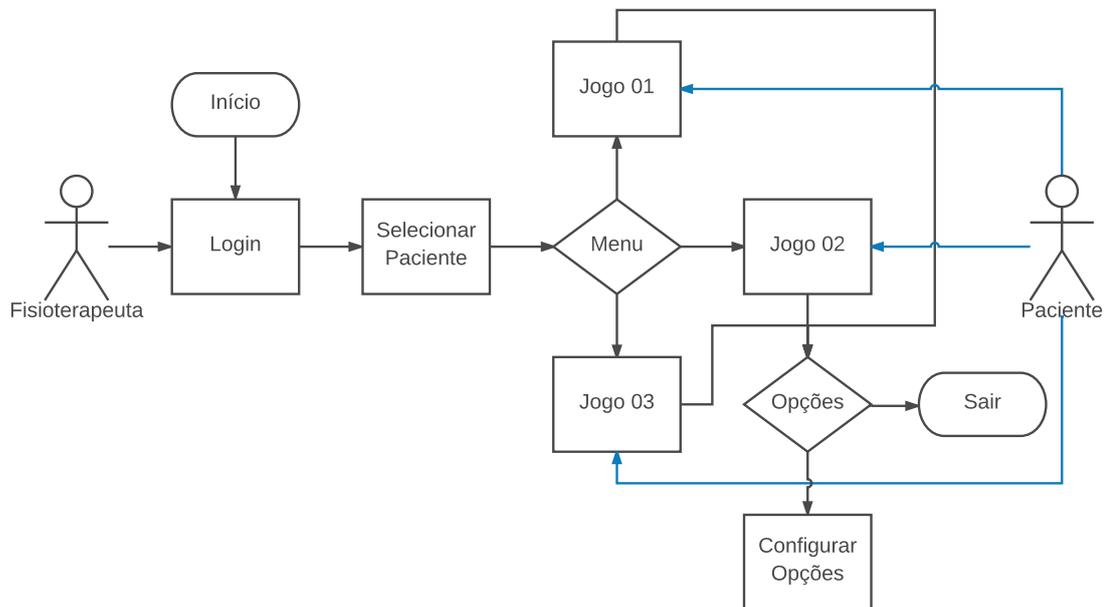
Protótipos podem ter diversos níveis de fidelidade e complexidade, Adams (2014) cita 3 tipos principais de protótipos para jogos: protótipos em *software*, protótipos em papel e protótipos físicos. No caso de protótipos em software, cria-se um jogo com boa fidelidade em um ambiente como o Unity, mas que não está completo, com o intuito de testar algum aspecto. Também, é importante notar que protótipos devem ser construídos rapidamente, e não é preciso se preocupar com a qualidade do código e com a arte e modelos do jogo.

Primeiramente, foram desenvolvidos três protótipos de jogos baseados nos movimentos que foram observados durante sessões de reabilitação na Unidade de Reabilitação do HUSM e a partir de sugestões do fisioterapeuta. Ainda, profissionais e professores da fisioterapia proporcionaram ideias e conhecimento sobre exercícios de reabilitação motora. As primeiras iterações dos protótipos foram apresentadas a professores da fisioterapia, desenvolvimento de jogos e design. A partir das considerações que foram colocadas por esses profissionais, criou-se uma nova iteração sobre os protótipos iniciais para que fossem adequados e refinados. Nas subseções Jogo 1: Pinchicken, Jogo 2: Finger Hero, Jogo 3: Grabduzeedo são apresentados os três protótipos resultantes e a descrição das iterações anteriores.

Ainda, cada jogo tem uma metáfora diferente e que foi escolhida de acordo com o gesto que era necessário para se jogar e para que fosse possível criar *affordance*. Isso é preciso pois a interação tem que fazer sentido para o jogador, o gesto que está sendo utilizado no jogo tem que fazer sentido juntamente com a metáfora que está sendo utilizada. Jogos casuais tem um foco principal nas interações e no *gameplay*, ao invés de focar em longas narrativas e qualidade gráfica avançada.

A estrutura dos jogos é compartilhada, ou seja, eles utilizam o mesmo sistema de menus e interface e fazem parte da mesma aplicação. A ideia é que os três protótipos se comportem como um sistema de jogos. O fluxo das atividades e os atores desse

Figura 5.1 – Fluxograma de navegação no sistema de jogos.

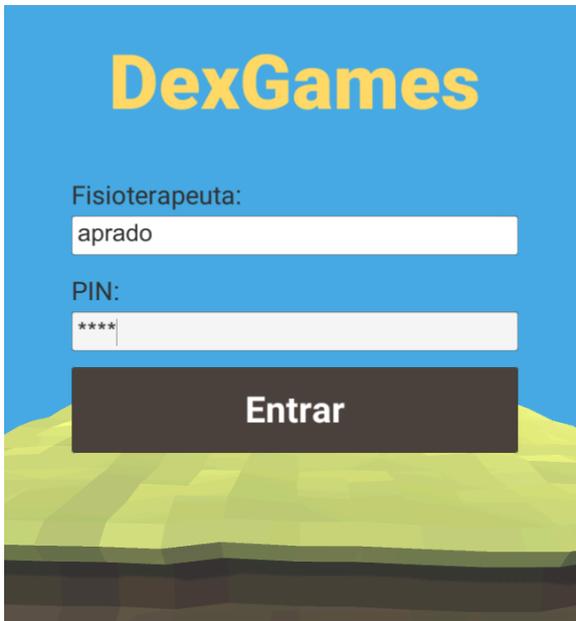


Fonte: Autor

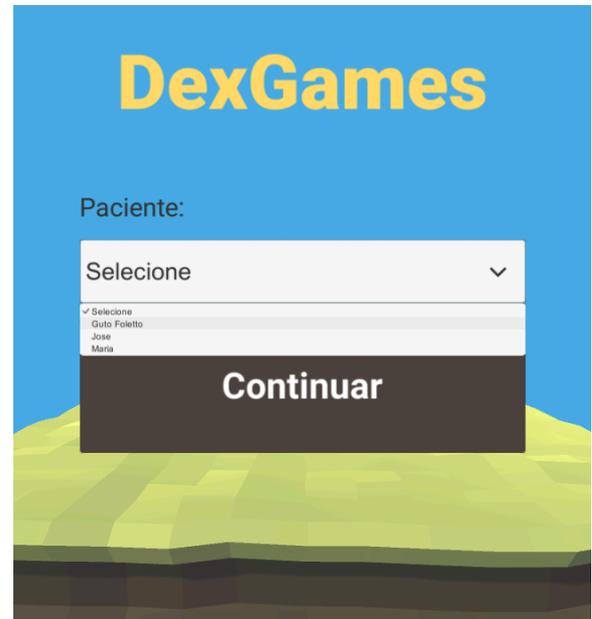
sistema estão representados na Figura 5.1. O sistema inicia em uma tela de autenticação com os campos *login* e *senha*, que são exclusivos do fisioterapeuta. Nesse modelo somente o fisioterapeuta conseguiria acessar o sistema (Figura 5.2a). Caso os dados estejam corretos, será aberto um painel com um menu *dropdown* preenchido com os nomes dos pacientes, e o fisioterapeuta deve selecionar o paciente desejado para prosseguir (Figura 5.2b). Em seguida, o fisioterapeuta terá acesso ao menu principal do sistema de jogos, que contém botões para iniciar cada jogo e para sair do sistema (Figura 5.2c).

Após selecionar um dos jogos apresentados no menu, será possível alterar as configurações do jogo, ou jogar sem mudar nada e sair do jogo. O menu de configurações de jogos está representado na Figura 5.2d, apresenta possibilidade de personalização do tempo de jogo, número máximo de pontos, tipo do cronômetro, tempo de descanso entre ondas, número de objetos por ondas e sensibilidade do gesto.

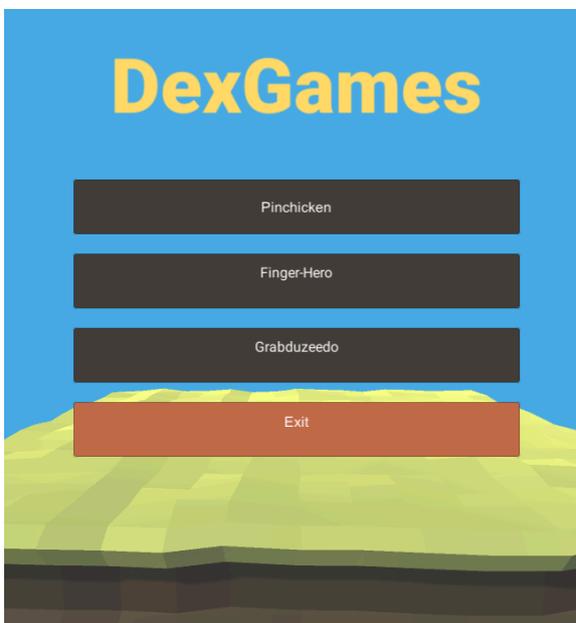
Figura 5.2 – Conjunto de telas/interfaces que representam os menus iniciais do sistema de jogos sérios.



(a) Tela inicial do sistema de jogos, apresenta campos para login e senha.



(b) Tela de seleção de paciente no sistema de jogos, apresenta um campo *dropdown* com uma lista de pacientes.



(c) Tela do menu principal, apresenta opções de seleção de jogo e botão de sair.



(d) Tela que mostra o menu de opções para configuração da partida pelo fisioterapeuta.

5.1 CARACTERÍSTICAS

As mecânicas do jogo determinam algumas regras e como o jogo deverá se comportar em casos específicos (ADAMS, 2014). Dessa forma, é importante destacar algumas mecânicas que guiaram o processo de desenvolvimento do jogo. São elas:

- **Ações do Jogador:** jogos de ação, geralmente, permitem que o jogador se movimente, mire, atire, selecione, colete, manipule, ou modifique objetos dentro do jogo. Nesse caso, o jogador pode utilizar ambas as mãos para interagir livremente com o jogo, porém somente gestos pré-definidos e que trabalham habilidades finas das mãos foram usados para controlar o jogo.
- **Tempo:** muitos jogos apresentam um contador de tempo de jogo corrido. Contadores também podem ser utilizados para indicar o tempo restante para um evento ou final do jogo (ADAMS, 2014). O jogo apresenta um contador de tempo, que pode ser configurado conforme a necessidade do terapeuta, se será um contador progressivo ou regressivo.
- **Pontuação:** o jogo apresenta um sistema de pontos com um contador para indicar quantos pontos o usuário somou até o final da sessão. Pontos são adicionados ao contador quando o movimento for correto e a tarefa/objetivo do jogo foi atingindo. O jogo não pune ou remove os pontos dos jogadores quando houver erro.
- **Condições de Vitória:** nem todos os jogos tem condições de vitória, porque nem todos jogos podem ser vencidos. Em alguns jogos o jogador tem que se contentar com o score máximo, pois o jogo pode ser infinito, e o jogador deve saber disso (ADAMS, 2014). Nesse caso, o jogo não tem uma condição de vitória explícita. Ao encerrar o tempo no cronômetro o jogo deve ser encerrado e os scores do jogador são exibidos na tela. Caso o contador for definido como progressivo pelo fisioterapeuta, a condição de vitória passa a ser um número de pontos definidos através das configurações da partida.
- **Ondas:** ondas definem ciclos na execução do jogo. Nesse caso, os jogos são baseados em um sistema de ondas em que os objetos ou NPCs são invocados no cenário um após o outro até um limite de objetos definido nas configurações da partida. Ao

encerrar uma onda existe um tempo de "espera"/descanso e inicia-se a execução de outra onda.

- Personalização: conforme mencionado na literatura, os jogos permitem que o fisioterapeuta configure parâmetros do jogo de acordo com as capacidades cognitivas e motoras do paciente como, por exemplo: temporalidade, sensibilidade do gesto, número de ondas, máximo de pontos, número de objetos por ondas, etc.

5.2 ASPECTOS VISUAIS

Os gráficos possuem projeção espacial tridimensional ou 3D. Espaços tridimensionais dão ao jogador um senso muito maior de estar dentro de um lugar, seja um prédio ou uma caverna. Em um ambiente 3D, o jogador sente como se ele fizesse parte do jogo, a imersão é maior. Não obstante, a tridimensionalidade quando combinada com o uso de interfaces gestuais tem capacidade de potencializar essa imersão.(WIGDOR; WIXON, 2011).

A linguagem visual adotada para os protótipos foi a de *Low-Poly*. O estilo *Low-Poly* tem como características: modelos com sombreado liso (*flat shaded models*); contagem baixa de polígonos nos modelos; utilização de formas geométricas básicas; iluminação realista. Um exemplo do estilo *Low-Poly* pode ser observado na Figura 5.3. A paleta de cores utilizada para os jogos foi criada por Chase Hunter Dikeman e representa os principais tons que caracterizam uma composição que utiliza como referência visual a linguagem low-poly.

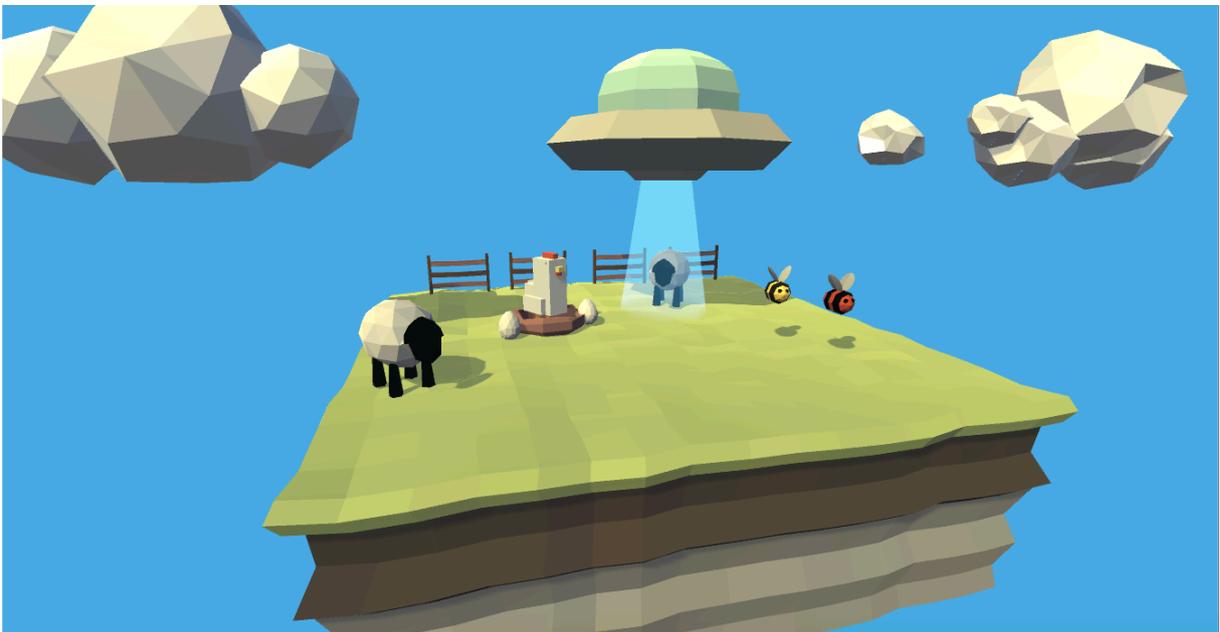
Todos os objetos 3D que foram utilizados no desenvolvimento dos jogos foram modelados manualmente utilizando a ferramenta livre para modelagem 3D, Blender ¹. Os modelos criados para os jogos podem ser visualizados na Figura 5.3. Inclusive os ícones utilizados na interface gráfica também foram modelados em 3D utilizando a mesma ferramenta.

De acordo com Pachoulakis, Papadopoulos e Spanaki (2015), estudos reportaram que pacientes idosos não eram atraídos por jogos complexos com temáticas de aventuras e ficção científica. Pelo contrário, eram atraídos por jogos casuais que representavam

¹ <<https://www.blender.org>>

experiências de vida e que usassem gráficos mais cartunescos, pois eram mais familiares. Por isso, os protótipos foram desenvolvidos com base em temáticas como “vida no campo” e natureza. Esse tema foi escolhido por causa do público alvo, que é composto significativamente por idosos, já que a DP é mais suscetível após os 60 anos de idade. Ainda, pode se dizer que a geração atual de idosos, no Brasil, apresenta pouca experiência com sistemas tecnológicos, mas já teve pelo menos alguma relação com a natureza e provavelmente teve contato com um ambientes rurais em sua juventude.

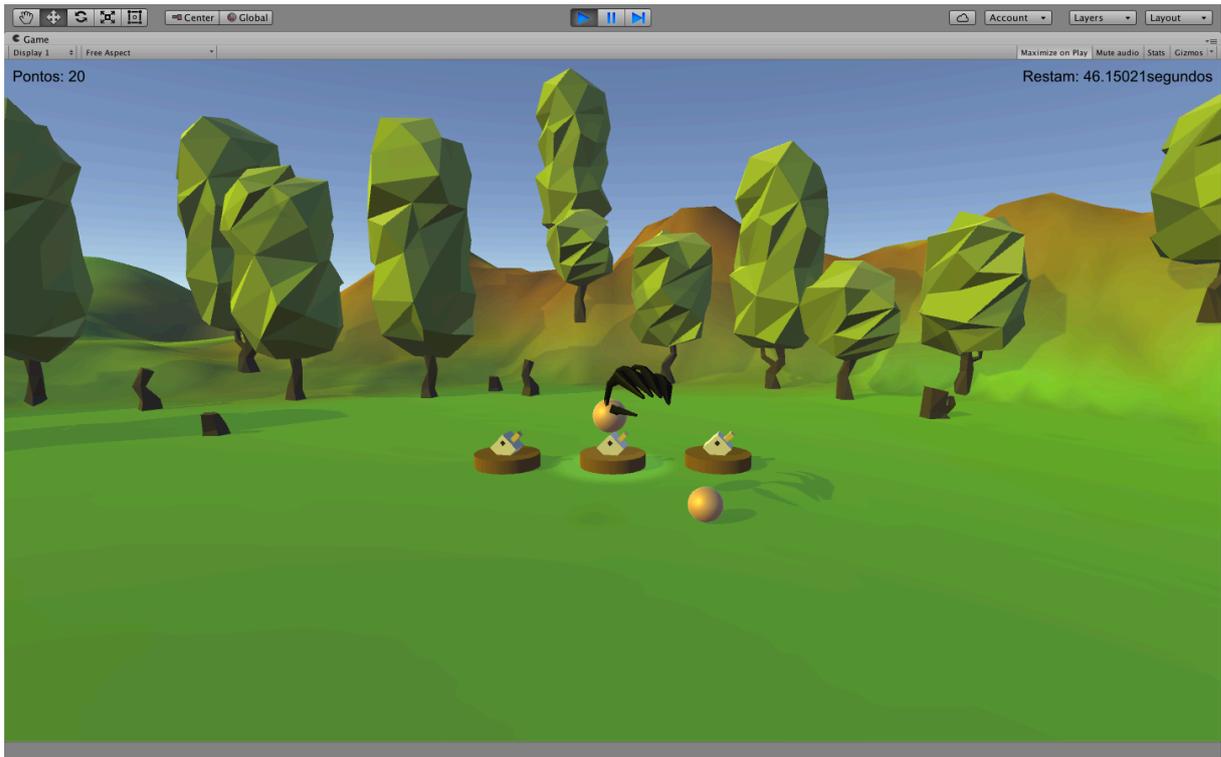
Figura 5.3 – Exemplo de cenário e objetos modelados no estilo Low Poly, caracterizado pelas formas geométricas bem definidas com preenchimento sólido e poucos polígonos.



Fonte: Autor

5.3 JOGO 1: PINCHICKEN

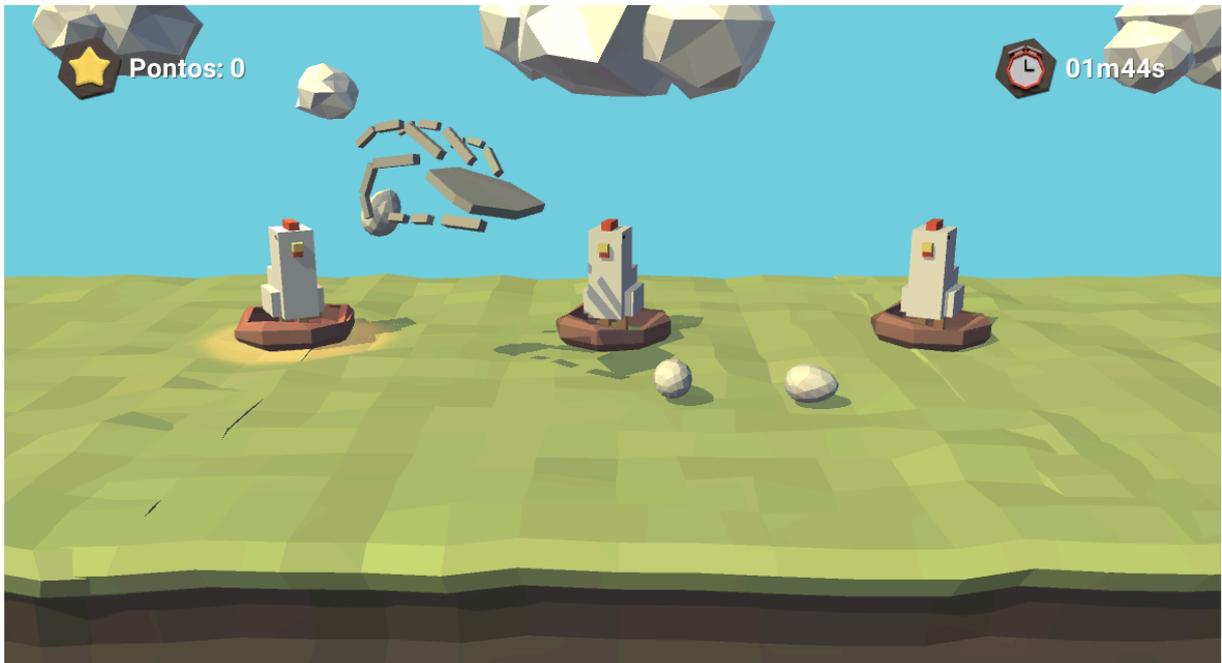
A ideia inicial do primeiro protótipo era de remeter o movimento de pinça utilizado no jogo, ao mesmo movimento do bico das aves. Quando o jogador realiza o movimento pinça ele simula o mesmo movimento que uma ave faz com o bico para pegar alguma coisa do chão, por exemplo. Com o decorrer das iterações o protótipo sofreu algumas alterações gráficas e adaptações na interação e visibilidade dos elementos de jogo. O primeiro protótipo criado para esse jogo pode ser visualizado na Figura 5.4.

Figura 5.4 – Primeiro protótipo do jogo *Pinchicken*.

Fonte: Autor

As mecânicas do jogo *pinchicken* são, basicamente, fazer o movimento de pinça para pegar ovos que aparecem no chão e levá-los até o ninho correto. A cena é composta por três ninhos de galinha e ovos que caem no chão. Quando o jogador pinça um ovo, o jogo irá automaticamente destacar através de um efeito de luz no chão, qual é o ninho correto para o jogador largar o ovo (Figura 5.5). Quando o jogador leva o ovo até o ninho correto ele recebe 10 pontos, e *feedbacks* sonoros e visuais são apresentados na tela. Quando o jogador errar o ovo de ninho, *feedbacks* sonoros e visuais negativos são apresentados, mas o jogador não perde pontos. Punir o jogador não é a intenção nesse caso por que pode afetar negativamente a motivação do jogador.

Figura 5.5 – Protótipo atual do jogo *Pinchicken*, o jogador deve coletar os ovos do chão utilizando o movimento de pinça e levá-los até o ninho/galinha que está destacado.



Fonte: Autor

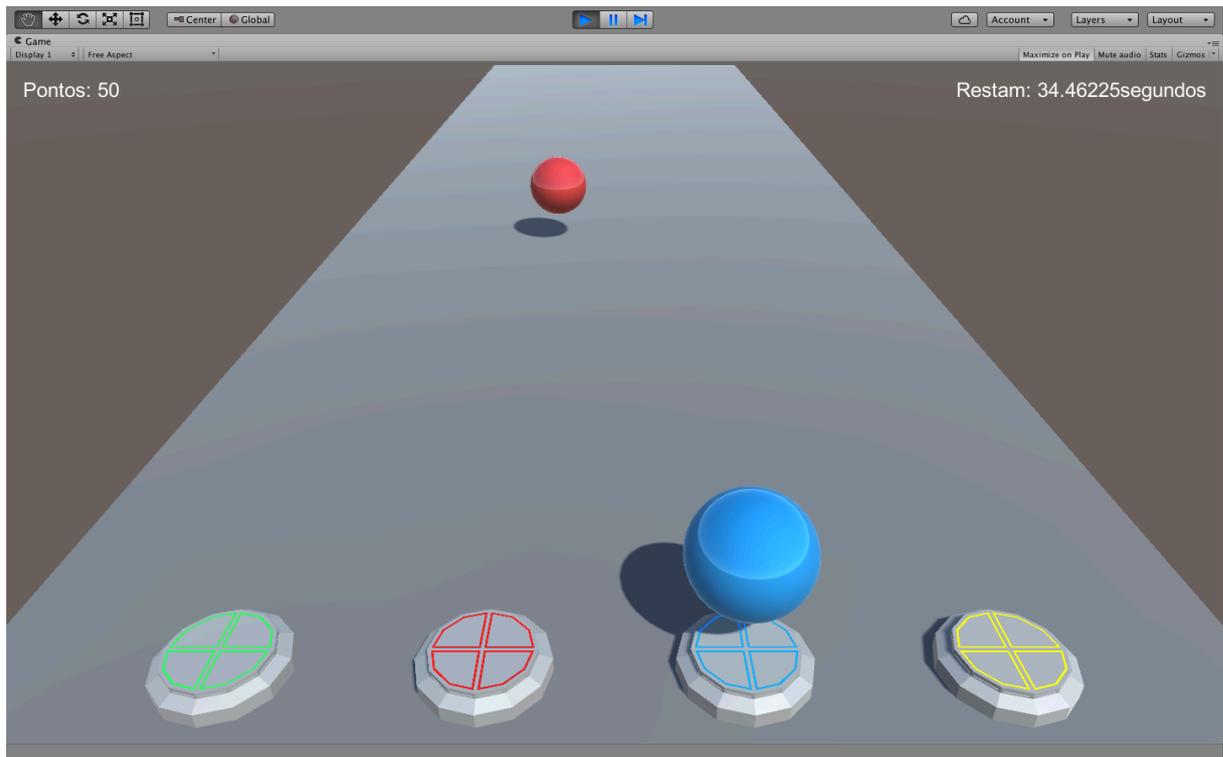
5.4 JOGO 2: FINGER HERO

Instrumentos musicais como o violão ou piano requerem uma série de habilidades motoras para serem utilizados. Cada dedo posicionado em uma tecla ou corda corresponde a uma nota musical, e quando dedos e notas são combinados formam acordes. A ideia deste protótipo é associar a metáfora de pressionar as teclas de um piano e reproduzir som de notas com o movimento de tocar a ponta dos dedos no polegar. Dessa forma, são realizados movimentos de oposição ao polegar, que equivalem a 4 gatilhos, um para cada movimento do dedo em direção ao polegar. Essa metáfora, de certa forma, já foi consagrada por video games como *Guitar-Hero*² e *RockBand*³, com a diferença, nesse caso, de que são usadas as mãos e dedos dos jogadores como controle e que o jogo é focado e personalizado para reabilitação. A primeira versão do protótipo para este jogo pode ser observada na Figura 5.6.

²<<https://www.guitarhero.com>>

³<<http://www.rockband4.com>>

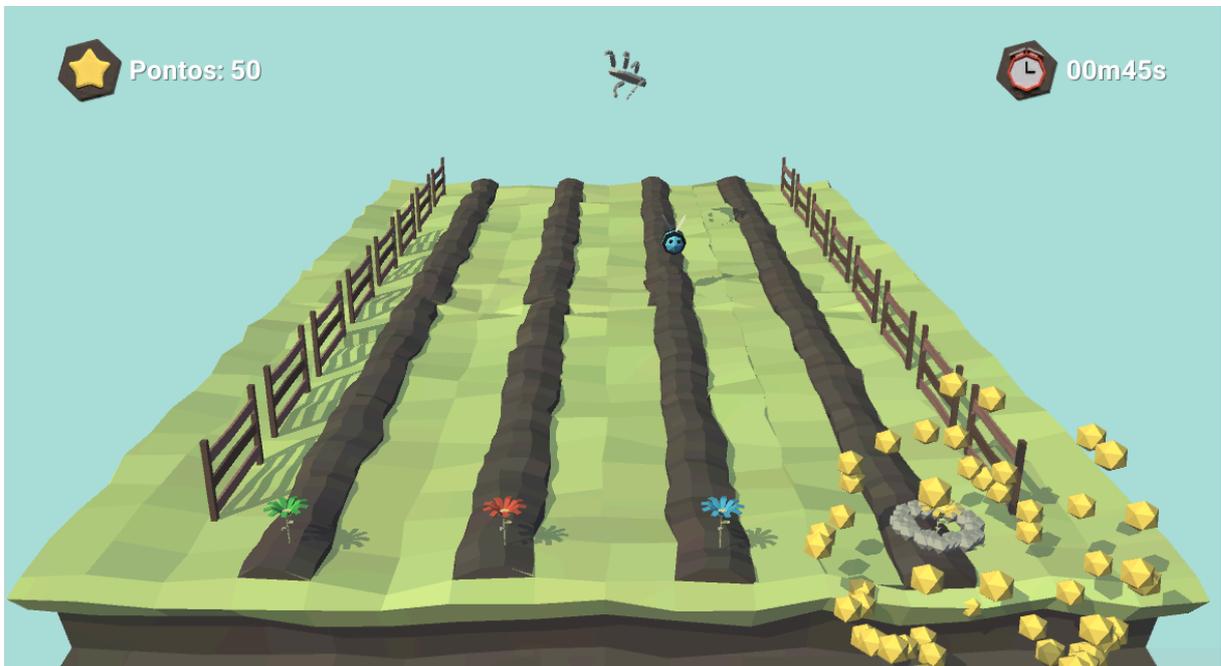
Figura 5.6 – Primeiro protótipo do jogo *Finger Hero*



Fonte: Autor

Basicamente, existem quatro caminhos, cada um possui uma flor colorida (verde, vermelha, azul, amarela) no final do caminho e cada flor é associada a um dos quatro dedos (indicador, médio, anelar e mínimo). O controlador do jogo irá criar, aleatoriamente entre esses quatro caminhos, abelhas que irão se mover até a flor no final de seu respectivo caminho. O objetivo é executar o movimento de oposição ao polegar com o dedo correto e no momento em que a abelha está sobre a flor do seu caminho. Por exemplo, se há uma abelha azul no terceiro caminho, como pode ser visto na Figura 5.7, o jogador deve executar o movimento de oposição utilizando o dedo anelar no momento em que a abelha azul estiver passando sobre a flor. Se o jogador acertar o tempo e o movimento, ele recebe 10 pontos e um *feedback* positivo, sonoro e visual, são apresentados (na Figura 5.7 é possível visualizar o *feedback* visual por um acerto no caminho de número quatro). Caso o jogador execute o movimento errado ou erre o tempo em que deveria executar o movimento, *feedbacks* sonoros e visuais negativos são mostrados.

Figura 5.7 – Protótipo atual do jogo *Finger Hero*, o jogador precisa realizar o movimento de oposição ao polegar, a figura representa o momento em que o movimento com o dedo mínimo é realizado

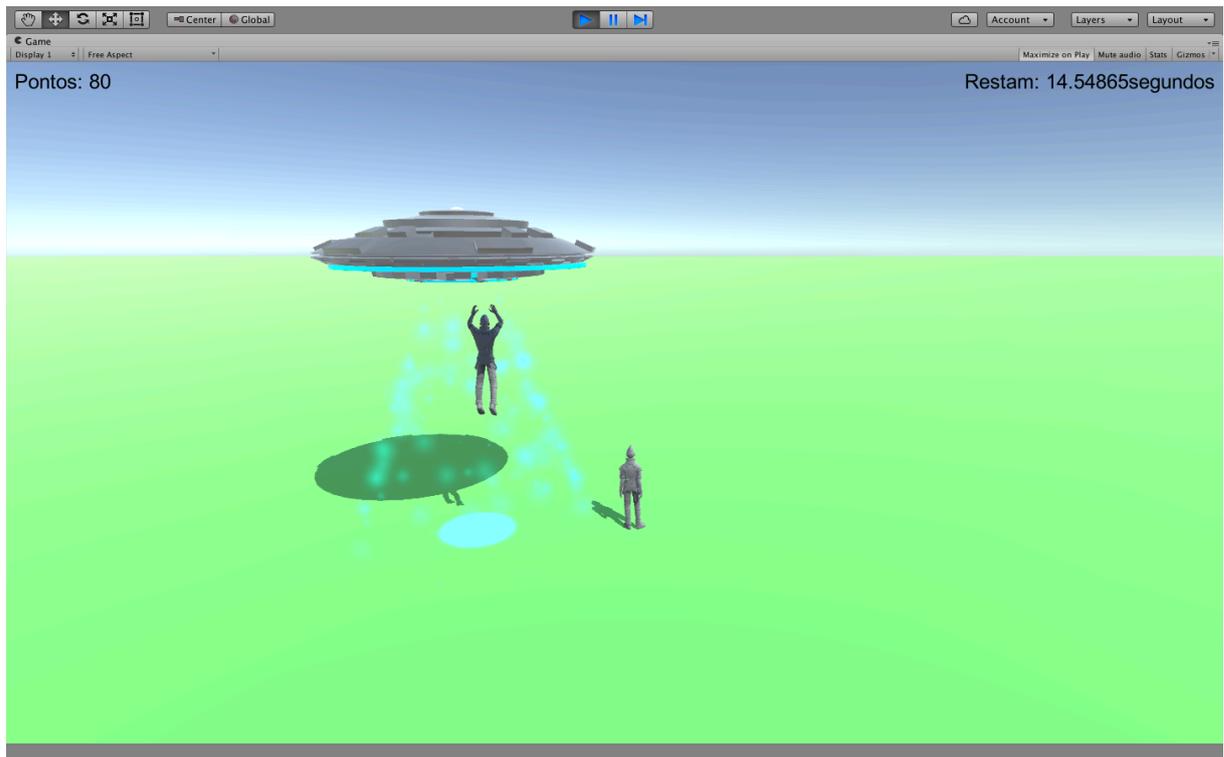


Fonte: Autor

5.5 JOGO 3: GRABDUZEEDO

Inicialmente, a ideia do protótipo Grabduzeedo foi de trabalhar o movimento de "agarrar" (*grab em ingles*), abrindo e fechando o punho. O movimento então servia de referência para um gatilho que ativaria o mecanismo de abdução de um OVNI. Nas primeiras versões (Figura 5.8), o jogador controlaria um OVNI e teria como objetivo abduzir pessoas. Porém, foi observado que o enredo do jogo teria pouca relação com o público alvo, e na iteração seguinte foram adaptadas as metáforas, elementos e gráficos.

No protótipo atual do jogo Grabduzeedo, representado na Figura 5.9, o jogador controla uma nave espacial com sua mão. A nave possui um raio trator que pode ser ativado e desativado utilizando o movimento de agarrar (cerrar o punho) e soltar (abrindo o punho). Porém, agora existem duas plataformas no cenário, uma na esquerda que está cercada e outra na direita que está aberta. O controlador de jogo irá invocar ovelhas na plataforma que não está cercada, de forma aleatória. O objetivo do jogo é abduzir a ovelha que está na plataforma aberta utilizando o movimento de agarrar para ativar o raio trator e, em seguida, mover o punho até a plataforma que está cercada. Para soltar uma ovelha

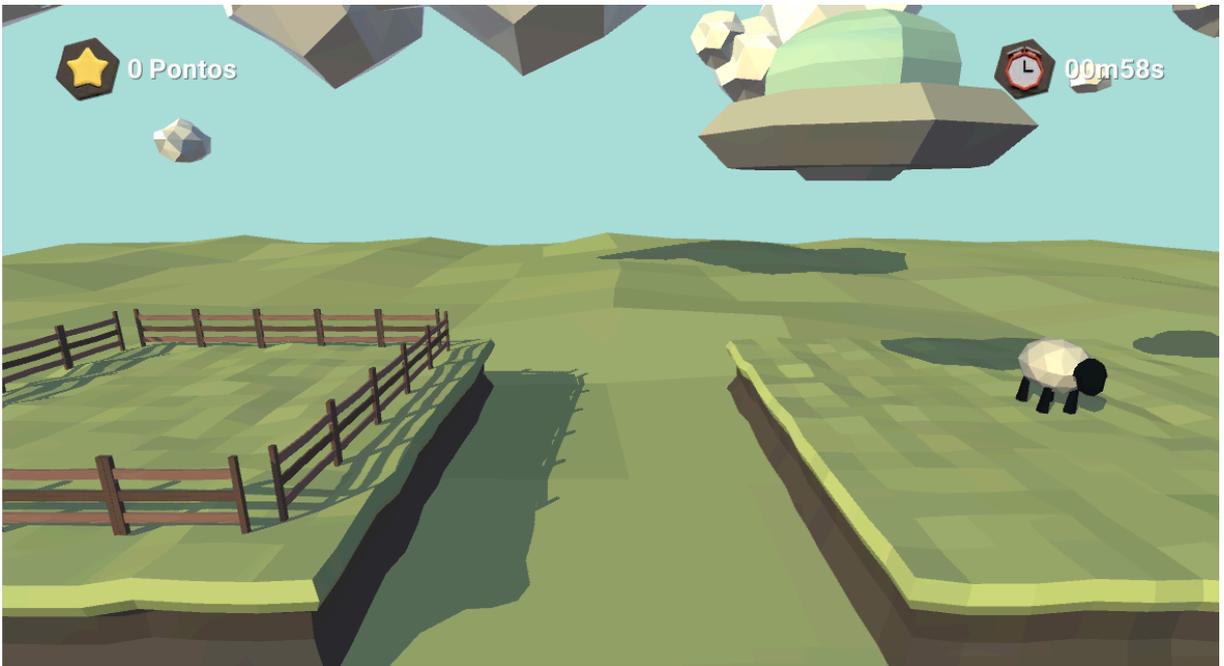
Figura 5.8 – Primeiro protótipo do jogo *Grabduzeedo*

Fonte: Autor

na plataforma desejada basta abrir a mão. Quando a ovelha é colocada na plataforma cercada o jogador recebe 10 pontos e *feedbacks* visuais e sonoros são apresentados. Caso o jogador falhe em carregar as ovelhas até a plataforma correta ele não é punido.

Nesse protótipo, o controle do gesto de agarrar poderia ser feito através do uso da propriedade *GrabStrength* que é possível ser extraído em cada *frame* do objeto *Hand*. O Leap Motion já fornece essa informação normalizada de zero até um. Porém, esse valor é estático, não é possível verificar e alterar a margem da sensibilidade do movimento caso seja necessário. Por isso, como ocorreu nos outros protótipos, foi utilizada a classe *Gesture Manager* para ter mais flexibilidade e controle sobre os gestos e interações.

Figura 5.9 – Protótipo atual do jogo *Grabduzeedo*, o jogador controla um OVNI com as mãos.



Fonte: Autor

6 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

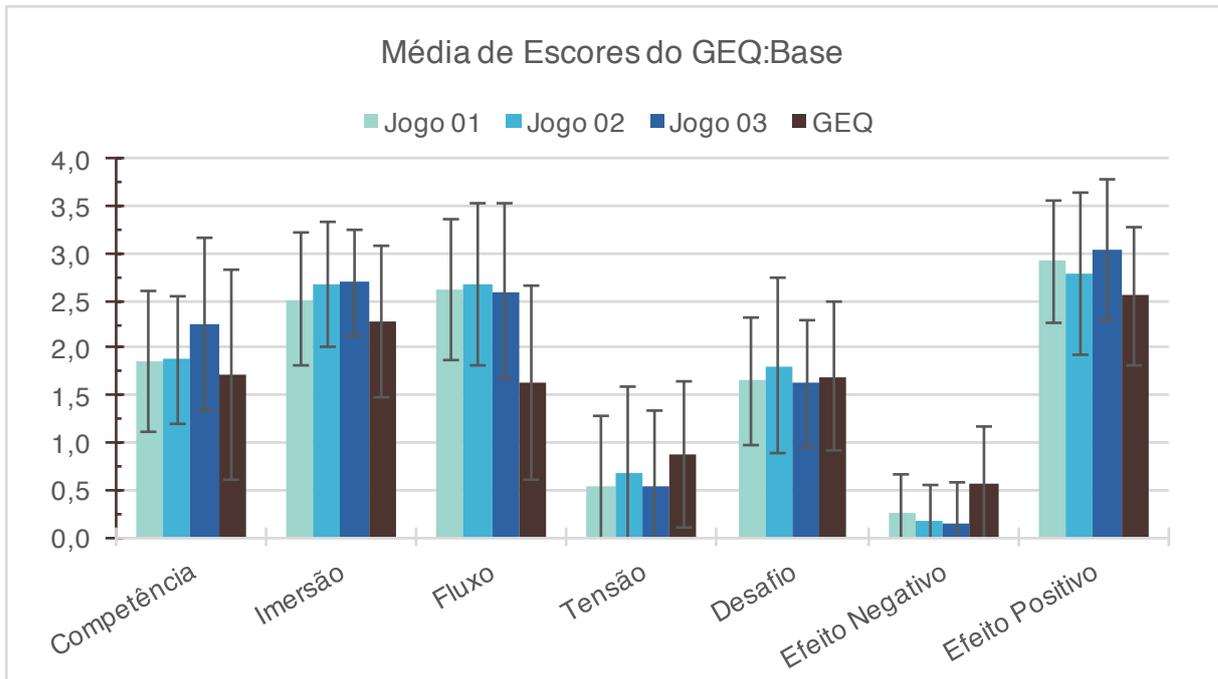
Foram coletados dados a partir das respostas de 54 questões por 20 participantes: 11 estudantes de fisioterapia (55%), 1 professor (5%), 6 profissionais de fisioterapia (30%), e 2 técnicos-administrativos do setor de fisioterapia (10%); 16 mulheres (80%) e 4 homens (20%); Faixa etária de 20 a 45 anos de idade. A partir desses dados coletados foram calculados os escores para cada componente do GEQ:base de cada jogo: competência, imersão, fluxo, tensão, desafio, efeito negativo e efeito positivo; e também para os componentes do GEQ:pós-jogo: experiência positiva, experiência negativa, cansaço, e retornar à realidade. Também, foram analisados os dados com relação as perguntas sobre uso de movimentos finos e os escores que foram armazenados. Os escores obtidos nos jogos testados foram comparados aos valores de referência para cada módulo do GEQ, conforme as Tabela 3.1 e Tabela 3.2 apresentadas na Seção 3.3.

6.1 GEQ:BASE

Como pode ser observado no Gráfico 6.1, resultados positivos foram obtidos para ambos aspectos, positivos e negativos, da experiência do jogador nos três protótipos avaliados. Isso quer dizer que, valores acima da média com relação aos valores de referência foram encontrados para componentes que representam características desejáveis na experiência do jogo, e valores baixos ou mínimos para aspectos que degradam a experiência do jogo. Pode-se observar que efeito positivo (Jogo 01 = 2.92 ± 0.65 ; Jogo 02 = 2.78 ± 0.85 ; Jogo 03 = 2.74 ± 0.74), imersão (Jogo 01 = 2.51 ± 0.70 ; Jogo 02 = 2.66 ± 0.66 ; Jogo 03 = 2.69 ± 0.56) e fluxo (Jogo 01 = 2.62 ± 0.75 ; Jogo 02 = 2.67 ± 0.85 ; Jogo 03 = 2.6 ± 0.92) obtiveram os melhores escores. Os componentes de desafio e competência apresentaram escores medianos/neutros. Enquanto tensão e efeitos negativos obtiveram os menores valores.

A experiência dos jogos com relação ao componente competência teve basicamente os mesmos valores para o Jogo 01 ($M = 1.86 \pm 0.73$) e Jogo 02 ($M = 1.87 \pm 0.67$), mas eles diferiram levemente para o Jogo 03 ($M = 2.25 \pm 0.92$). Sem significância esta-

Gráfico 6.1 – Escores do GEQ:base encontrados para cada jogo testado.



Fonte: Autor

tística, a análise de variância não rejeitou a hipótese nula ($p = 0.215, \alpha = 0.05$). Ainda, para todos os outros componentes o valor de p foi superior ao valor de alfa, o que também confirma a hipótese nula. Os valores obtidos através da análise de variância para todos os componentes nos Jogos 01, 02 e 03 podem ser observados na Tabela 6.1. Os componentes de referência do GEQ não foram incluídos na análise de variância pois não existem dados suficientes para realizar a análise estatística. Os dados disponibilizados, são somente os que estão disponíveis nas Tabela 3.1 e Tabela 3.2 da Seção 3.3.

Tabela 6.1 – Resultados da ANOVA para cada categoria do GEQ:base

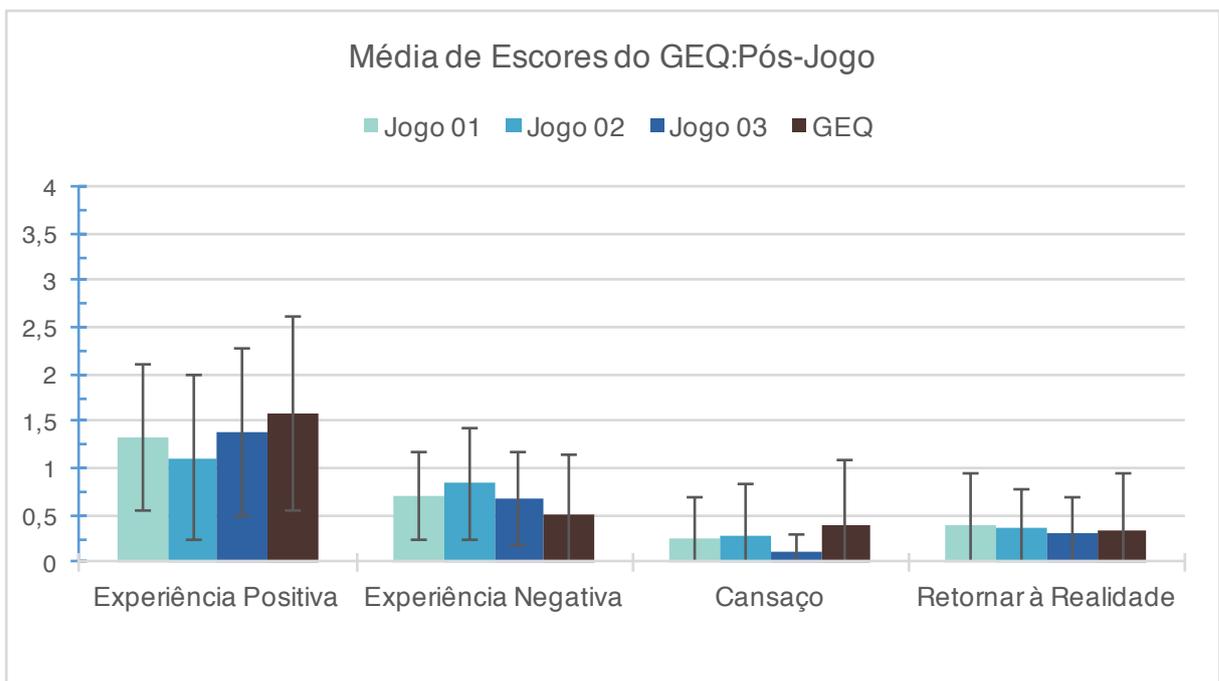
Componente	<i>ss</i>	<i>ms</i>	<i>f</i>	<i>p</i>
Competência	1.950	0.976	1.570	0.215
Imersão	0.358	0.179	0.432	0.651
Fluxo	0.052	0.026	0.036	0.964
Tensão	0.211	0.105	0.157	0.854
Desafio	0.417	0.208	0.355	0.702
Efeito Negativo	0.139	0.069	0.442	0.644
Efeito Positivo	0.677	0.338	0.595	0.554

Fonte: Autor

6.2 GEQ:PÓS-JOGO

Os escores do GEQ:pós-jogo (Gráfico 6.2) que foram obtidos apresentaram valores baixos, de modo geral, em todos os componentes. Os valores encontrados para experiência positiva foram os maiores nesse módulo (Jogo 01 = 1.33 ± 0.77 , Jogo 02 = 1.11 ± 0.87 , Jogo 03 = 1.38 ± 0.90 e GEQ = 1.58 ± 1.04). Os jogadores reportaram baixo nível de cansaço e reportaram não ter dificuldade em voltar para a realidade. No componente experiência negativa também foram registrados valores baixos, inferiores a um. Em comparação aos valores de referência do GEQ:pós-jogo, os componentes apresentaram resultados similares, permanecendo dentro da média.

Gráfico 6.2 – Escores de cada componente do GEQ:pós-jogo encontrados para cada protótipo testado.



Fonte: Autor

Os valores obtidos através da análise de variância para os quatro componentes do módulo pós-jogo nos Jogos 01, 02 e 03 podem ser observados na Tabela 6.2. Novamente, não houve significância estatística, a análise de variância não rejeitou a hipótese nula para nenhum dos componentes.

Tabela 6.2 – Resultados da ANOVA para cada categoria do GEQ:pós-jogo

Componente	<i>ss</i>	<i>ms</i>	<i>f</i>	<i>p</i>
Experiência Positiva	0.825	0.412	0.536	0.587
Experiência Negativa	0.311	0.155	0.539	0.585
Cansaço	0.358	0.179	0.946	0.394
Retornar à Realidade	0.077	0.038	0.181	0.834

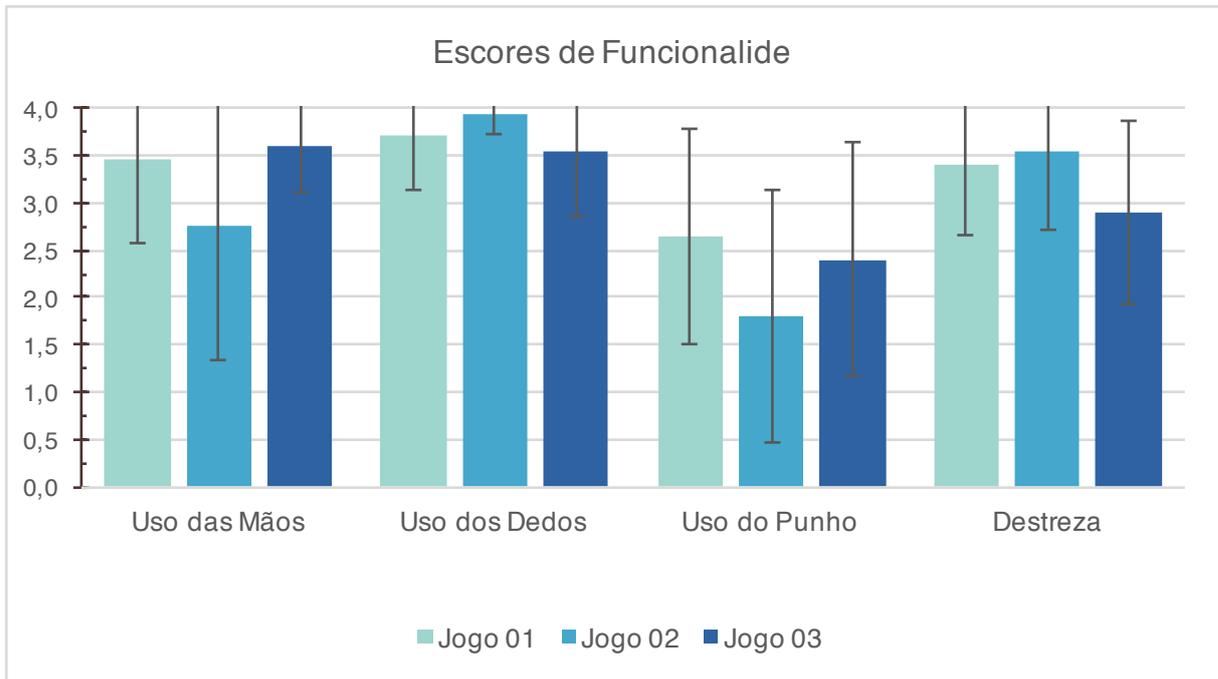
Fonte: Autor

6.3 FUNCIONALIDADE

Os resultados obtidos através das questões sobre funcionalidade e uso dos membros, reproduzidos no Gráfico 6.3, apontaram valores altos para habilidades motoras e destreza. Os valores encontrados para a intensidade do uso das mãos foram altos, nesse componente, o Jogo 02 computou o menor valor dentre os três jogos ($M = 2.75 \pm 1.4$). O uso dos dedos foi o componente que apresentou os maiores valores (3,5 a 3,95), indicando que o uso desses membros é intenso nos três jogos. O uso do punho apresentou os menores valores entre todos os componentes avaliados, mas mesmo assim indicando que o jogo requer um uso de moderado a intenso dos punhos. Por último, o componente de destreza apresentou valores altos também (2.9 a 3.55).

A análise de variância dos componentes de funcionalidade pode ser observada no Tabela 6.3. No uso das mãos foi observada uma diferença estatisticamente significativa ($p = 0.022$). Os Jogos 01 ($M = 3.45 \pm 0.88$) e 03 ($M = 3.6 \pm 0.5$) apresentaram valores semelhantes, enquanto o Jogo 02 ($M = 2.75 \pm 1.4$) apresentou um valor estatisticamente inferior para o nível de uso das mãos no jogo. Em seguida, os componentes uso dos dedos e uso dos punhos não apresentaram diferença significativa entre os valores de seus componentes. Por fim, o componente destreza (ou uso de habilidades manuais) apresentou uma diferença significativa de borda ($p = 0.049$). Os Jogos 01 ($M = 3.4 \pm 0.75$) e 02 ($M = 3.55 \pm 0.82$) apresentaram escores semelhantes, enquanto o Jogo 03 ($M = 2.9 \pm 0.96$) apresentou escores inferiores.

Gráfico 6.3 – Escores obtidos para componentes de funcionalidade e uso motor.



Fonte: Autor

Tabela 6.3 – Resultados da ANOVA para cada pergunta sobre uso motor/funcionalidade

Componente	<i>ss</i>	<i>ms</i>	<i>f</i>	<i>p</i>
Uso das Mãos	8.233	4.116	4.080	0.022
Uso dos Dedos	1.633	0.816	2.891	0.063
Uso dos Punhos	7.633	3.816	2.513	0.089
Destreza	4.633	2.316	3.178	0.049

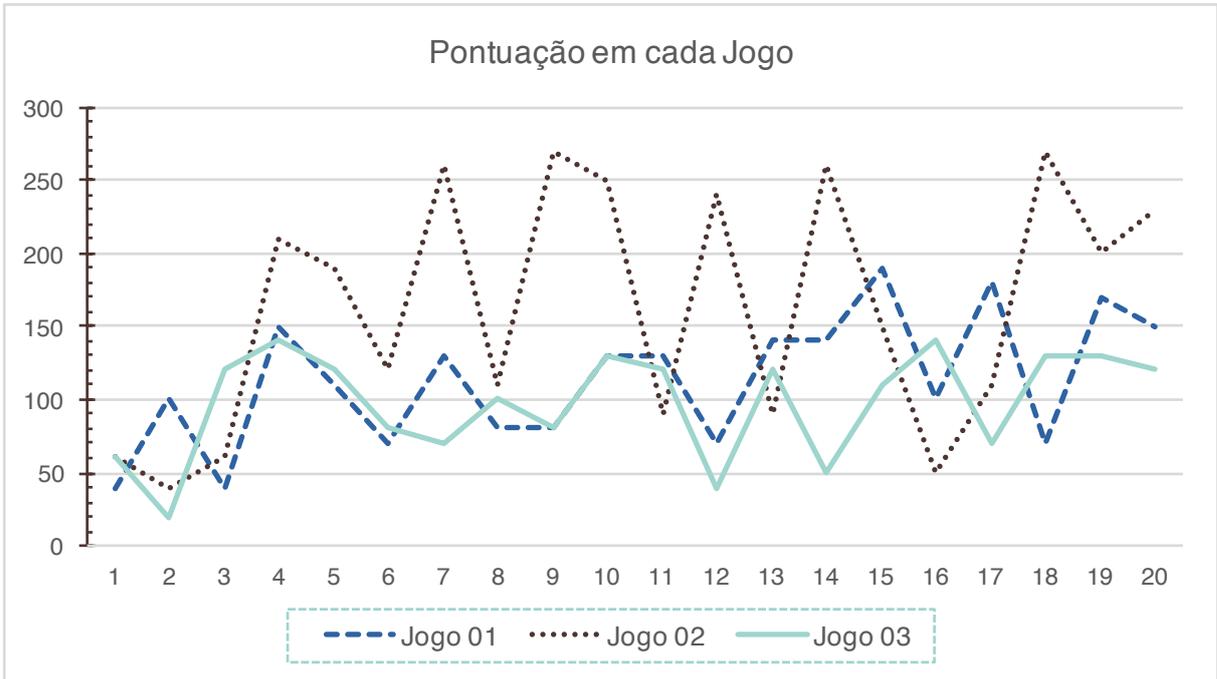
Fonte: Autor

6.4 PONTUAÇÃO

As pontuações obtidas em cada partida estão representadas no Gráfico 6.4. As maiores pontuações (valores máximos) foram encontradas no Jogo 02 (270 pontos), que também apresentou a maior média de pontuação ($M = 163 \pm 81.0$). Em segundo lugar está o Jogo 01 ($M = 113.5 \pm 43.27$). O Jogo 03 apresentou a menor média de pontuação ($M = 97.5 \pm 35.96$), e também os valores de pontuação mínimos (20 pontos).

O Gráfico 6.5 apresenta os dados do relacionamento entre a pontuação obtida e a idade dos jogadores. Para isso, os jogadores foram divididos em grupos etários. Nos três jogos, a maior média de pontos foi encontrada no grupo etário de 15 a 24 anos (Jogo 01

Gráfico 6.4 – Pontuação obtida pelos jogadores em cada jogo.



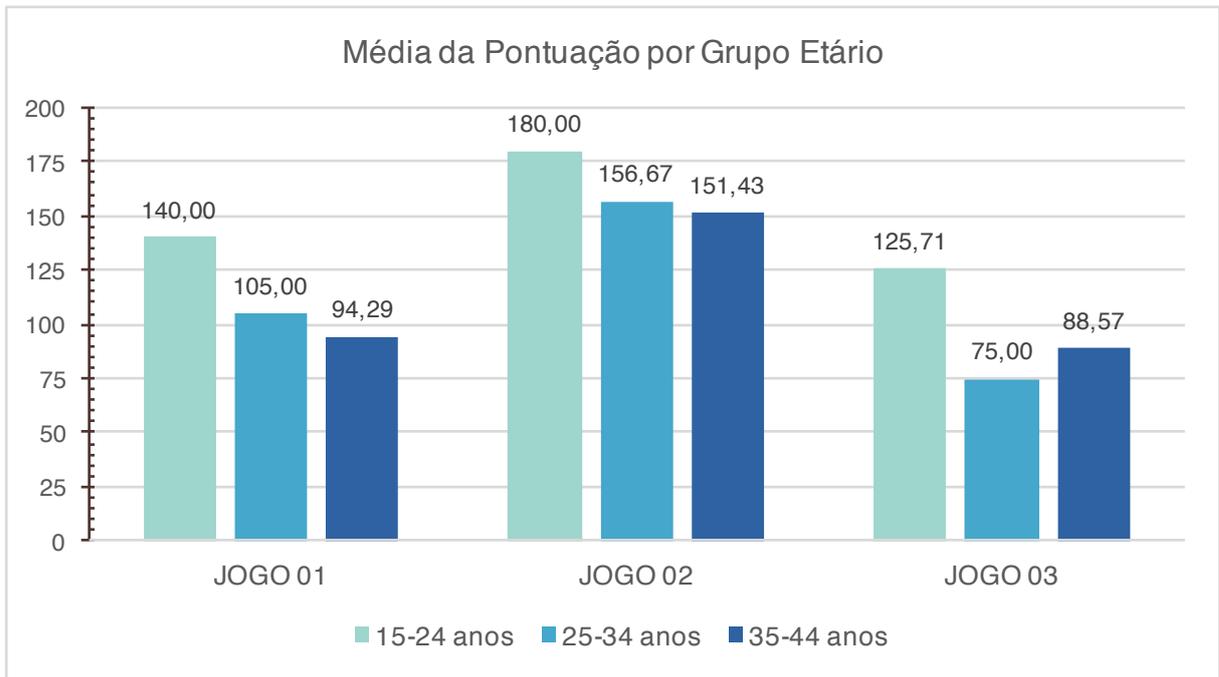
Fonte: Autor

= 140 pontos; Jogo 02 = 180 pontos; Jogo 03 = 125.71 pontos). Nos Jogo 01, a segunda maior média de pontos pertence ao grupo etário de 25-34 anos (105 pontos) e a menor média de pontos foi do grupo etário de 35 a 44 anos (94.29 pontos). No Jogo 03, a segunda maior média foi do grupo etário de 35 a 44 anos (88.57 pontos) e a menor média foi do grupo etário de 25 a 34 anos (75.0 pontos).

6.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No Gráfico 6.1, os melhores escores foram encontrados no componente efeitos positivos que representa aspectos como diversão e prazer do jogador durante a partida. Ainda, fluxo e imersão apresentaram bons resultados, significando que o jogo obteve êxito ao manter o jogador focado na atividade, que o jogo era esteticamente agradável e que impressionou os jogadores. Os valores dos três jogos para o componente fluxo foram significativamente maiores do que o valor encontrado para a referência. Um jogador fica imerso quando ele perde a noção de tempo e sente como se tivesse em outro lugar en-

Gráfico 6.5 – Média da pontuação obtida pelos jogadores em cada jogo em função do grupo etário.



Fonte: Autor

quanto está interagindo com o mundo virtual.

Pode-se dizer que os escores encontrados para competência foram regulares, o que está relacionado com o fato de os jogadores acreditarem que sua performance não foi boa, ou seja, que poderia ter jogado melhor. Porém, os resultados obtidos para a categoria competência são iguais ou melhores quando comparado com os valores de referência do GEQ. Por outro lado, os jogos são simples e fáceis de jogar, permitindo que os jogadores se sintam capazes de completar as tarefas de cada jogo. Os valores do componente tensão foram baixos e menores do que os valores de referência. Embora os jogos precisem de atenção e coordenação, pareceu não afetar o escore de tensão. Da mesma forma, foram obtidos valores próximos de zero ao componente efeito negativo e quase metade do valor referência, indicando que os jogadores não sentiram raiva, irritação ou tédio ao jogar.

Os resultados obtidos nos componentes do GEQ:pós-jogo, Gráfico 6.2, foram um pouco abaixo da média quando comparados a escala (0 a 4). Porém, eles se mantiveram alinhados com os valores encontrados na referência do GEQ. Ainda, é possível adicionar que, grande parte dos elementos que são avaliados nessas categorias não são característicos dos jogos que foram testados. Por outro lado, ao analisar cada item separadamente,

é possível verificar que o jogo obteve bons escores nos itens sobre satisfação, sentimento de poder e sentimento de orgulho; e obteve escores baixos em itens como “eu me senti revitalizado” ou “eu me senti energizado”, pois não são características desses jogos.

Os jogadores não consideraram a experiência uma perda de tempo, por outro lado, apresentaram escores altos com relação a sensação de poder ter feito algo mais importante durante aquele período. Isso pode ser explicado pelo fato de os jogadores serem todos saudáveis e que estavam em seu ambiente de trabalho e/ou estudo. Logo, não precisariam estar realizando aquela atividade e teriam seus respectivos trabalhos para dar atenção. No componente cansaço foram obtidos resultado bons. Os jogadores reportaram não sentirem cansaço ou desgaste após as sessões. Por se tratar de movimentos finos, os jogos acabam exigindo menos movimento corporal dos jogadores em relação a um *exergame* que utiliza sensores de movimento do corpo todo (como o Microsoft Kinect).

Os jogadores reportaram não sentir dificuldade para retornar a realidade ou sair do mundo virtual. O escore do componente foi estatisticamente igual ao da referência. No GEQ essa experiência é descrita como o sentimento de ter voltado de uma jornada. Acredita-se que os jogos tenham obtido escores baixo nesse componente devido ao fato de serem sessões curtas e com interações e objetivos simples. Não apresentam uma narrativa ou estória que transporte o jogador para outra realidade.

Todos os escores obtidos para os componentes sobre habilidade manual (Gráfico 6.3) foram bons ou ótimos. Isso demonstra que os jogos propostos cumprem o seu objetivo, exigindo que o jogador utilize as mãos, dedos e punhos, trabalhando o controle motor fino. Referente ao uso das mãos, os Jogos 01 e 03 apresentaram escores significativamente maiores que o escore obtido no Jogo 02. Isso se deve, principalmente, ao fato de que nesses jogos se movimenta mais as mãos devido ao tipo de interação e o objetivo desses jogos. No caso do Jogo 02, teoricamente, o jogador só precisa mover os dedos, por isso a pontuação menor. O Jogo 02 obteve os maiores escores quanto a exigência de uso da habilidade com os dedos. Como foi mencionado, o principal gesto do Jogo 02 era apoiado no movimento dos dedos. O uso do punho, foi a categoria que apresentou os menores escores nesse módulo do questionário, comparado as outras categorias. Mesmo que o punho seja usado para realizar os outros movimentos finos, ele é menos acionado durante os jogos. Como esperado, os Jogos 01 e 02 apresentaram índices de exigência destreza significativamente maiores do que no Jogo 03, pois requeriam maior habilidades

com os dedos do que com a mão ou punho. Ainda, existem outras questões como o movimento espacial, o controle e direção do movimento e o tempo de reação aos estímulos dos feedbacks que não foram objetos de estudo deste trabalho, mas que podem também contribuir para a reabilitação e treino na DP.

Quanto aos resultados sobre a pontuação dos jogos do Gráfico 6.4, fica claro que o Jogo 02 apresentou os maiores picos e média de pontos com relação aos outros dois. Esse resultado, por um momento, pareceu um pouco contraditório, pois o Jogo 02 é o que exige mais em questões de coordenação motora e cognição. A principal diferença do Jogo 02 para os outros é que ele não precisa de orientação espacial e movimentação das mãos no ambiente virtual. O jogador pode manter as mãos paradas sobre o sensor, e seria necessário somente a coordenação ou destreza para mover os dedos no momento certo. As pontuações obtidas no Jogo 03 foram as menores. Esse fato, também é contraditório, pois dentre os três jogos que foram testados, o Jogo 03 é o que necessita menor habilidade manual fina, porém necessita maior noção espacial. Mais testes e investigações são necessários para poder verificar esse aspecto com precisão. No Gráfico 6.5 pode-se observar que as médias de escores obtidos pelo grupo etário mais jovem (15 a 24 anos) foram maiores do que o restante nos três jogos testados. Ainda, pode-se deduzir que quanto mais velho for o grupo etário a média de escores tende a ser menor. Este fato pode estar relacionado com uma redução de aprendizagem, redução de destreza ou até mesmo por falta de intimidade com a tecnologia.

De maneira geral, os resultados obtidos com a análise dos dados do GEQ sugerem que os jogos sérios que estão sendo apresentados neste trabalho entregam bom nível de experiência de jogo e usabilidade quando comparados aos valores de referência do GEQ. Uma análise mais profunda com a ANOVA apontou que o nível de experiência de jogo comparada entre os três protótipos foi estatisticamente a mesma para todos os componentes do GEQ:base e do GEQ:pós-jogo. Isso indica que os protótipos apresentam experiências iguais. Isso é positivo já que os três jogos foram desenvolvidos para se comportarem como um sistema de jogos sérios e não como jogos individuais e *standalone*. Ainda, o fato de os jogos apresentarem uma experiência similar pode estar relacionado ao desenvolvimento de maneira consistente utilizando a mesma linguagem visual, arquitetura e framework como base do desenvolvimento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi apresentado o desenvolvimento de um sistema de jogos sérios para reabilitação de movimentos finos utilizando interfaces naturais. O sistema permite que as sessões de fisioterapia sejam adaptadas para as necessidades do paciente e também possibilita mais engajamento aos exercícios por causa do elemento lúdico e diversão. O sistema pode complementar ou substituir exercícios que são, muitas vezes, repetitivos e tediosos para os pacientes.

A partir do estudo bibliográfico sobre interfaces naturais, jogos sérios e trabalhos relacionados percebeu-se que era necessário definir algumas diretrizes para o design e desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação utilizando IN. Outra contribuição deste trabalho foi a definição de 9 diretrizes que foram baseadas em argumentos de autores renomados na área de IN e autores de trabalhos na área de jogos sérios para saúde.

Também, foi proposto um *framework* conceitual para o desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação de movimentos finos utilizando o Leap motion. No *framework* são detalhados arquitetura, classes e banco de dados para o desenvolvimento de um sistema de jogos sérios. Dessa forma, a proposta apresentou resultados satisfatórios para o problema e contexto descritos, possibilitando o desenvolvimento de três protótipos utilizando os conceitos e estruturas apontadas no *framework*.

Por fim, dados coletados através de questionários aplicados em sessões de testes de protótipos indicaram que a experiência dos três jogos que foram desenvolvidos são estatisticamente iguais. Assim, permitindo que o fisioterapeuta utilize os jogos nos programas de reabilitação com consistência. Aspectos positivos da experiência de jogo, como imersão, competência e fluxo apresentaram valores altos e aspectos negativos como cansaço e tensão apresentaram valores próximos de zero. Além disso, os escores obtidos para experiência de jogo são iguais ou maiores do que os escores de referência do GEQ, validando a experiência positiva do sistema de jogos que foi proposto. Ainda, os resultados obtidos através dessa avaliação podem auxiliar fisioterapeutas em uma possível validação do sistema como uma ferramenta de reabilitação para movimentos finos.

7.1 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho está limitado a avaliação da experiência de jogo e usabilidade dos protótipos desenvolvidos. Trabalhos futuros devem investigar a funcionalidade e procurar validar o sistema de jogos sérios como uma ferramenta para reabilitação de movimentos finos.

Outra limitação foi a avaliação somente com sujeitos saudáveis. É evidente que se nem mesmo sujeitos saudáveis tivessem uma boa experiência de jogo, não seria necessário testar com pacientes por que o jogo já teria falhado. Porém, trabalho futuros devem investigar se a experiência do sistema de jogos é satisfatória para pessoas com doença de Parkinson. Ainda, o foco deste trabalho foi em habilidades motoras finas, estudos futuros podem avaliar o impacto do sistema de jogos sérios que foi proposto nas capacidades cognitivas dos pacientes.

Também, é possível destacar que existe espaço para melhorar aspectos estéticos e mecânicas nos jogos. Inserir elementos de gamificação como troféus e prêmios para atividades frequentes, como uma forma de manter o nível de engajamento. Por fim, é possível destacar o desenvolvimento de uma aplicação web que consuma dados armazenados na camada de persistência como foi sugerido na arquitetura conceitual para auxiliar os fisioterapeutas no controle dos programas de terapia e do progresso dos pacientes.

7.2 PUBLICAÇÕES E APRESENTAÇÕES

Abaixo está destacado uma parte deste trabalho que foi submetida e aceita para publicação no formato full-paper:

- Foletto, A. A.; d'Ornellas, M. C., Prado, A. L. C.(2017) **Serious Games for Parkinson's Disease Fine Motor Skill Rehabilitation Using Natural Interfaces**. World Congress on Medical and Health Informatics (MedInfo), 2017. Hangzhou, China. *Apresentação em Agosto de 2017*

Ainda, no decorrer do programa, foram realizadas as seguintes apresentações relacionadas ao escopo deste trabalho:

- Foletto, A. A. **Um jogo sério para recuperação e reabilitação de movimentos finos utilizando interfaces naturais**. Design Mais, 2016. Santa Maria, Brasil. <<http://coral.ufsm.br/designmais/>>.
- Foletto, A. A. **Interfaces Naturais na Web**. Front in Santa Maria, 2016. Santa Maria, Brasil. <<http://frontinsm.com.br/>>.
- Foletto, A. A. **Interfaces Naturais na Web**. Front in Porto Alegre, 2015. Porto Alegre, Brasil. <<http://frontinpoa.com.br/2015/>>.
- Foletto, A. A. **Interfaces Naturais na Web: Leap Motion + Javascript**. Encontro Anual de Tecnologia da Informação, 2015. Frederico Westphalen, Brasil. <<http://eati.info/eati/2015/>>.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABT, C. C. **Serious Games**. New York, USA: Viking Press, New York, 1970. 176 p.

ADAMS, E. **Fundamentals of Game Design**. 3rd. ed. Thousand Oaks, CA, USA: New Riders Publishing, 2014. 576 p. ISSN 6596. ISBN 978-0-321-92967-9.

ADAMS, E.; DORMANS, J. **Game Mechanics**. Thousand Oaks, CA, USA: New Riders Publishing, 2012. 353 p. ISBN 978-0-321-82027-3.

BARRY, G.; GALNA, B.; ROCHESTER, L. The role of exergaming in Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review of the evidence. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 11, n. 1, p. 33, 2014. ISSN 1743-0003. Disponível em: <<http://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-33>>.

BEITZ, J. M. Parkinson's disease: a review. **Frontiers in Bioscience**, v. 6, n. 1, p. 65–74, 2014.

CALDERÓN, A.; RUIZ, M. A systematic literature review on serious games evaluation: An application to software project management. **Computers & Education**, Elsevier BV, v. 87, p. 396–422, sep 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016%2Fj.compedu.2015.07.011>>.

CARGNIN, D. J.; D'ORNELLAS, M. C.; PRADO, A. L. C. Evaluating the Impact of Player Experience in the Design of a Serious Game for Upper Extremity Stroke Rehabilitation. **MedInfo**, p. 363–367, 2015.

CHAO, Y.-Y. **Exergaming: therapeutic benefits in older adults**. 2016. Acessado em Jul. de 2016. Disponível em: <<http://lermagazine.com/article/exergaming-therapeutic-benefits-in-older-adults>>.

CHEN, N. **Don't Settle for Air Pokes: Thinking Outside the Mouse**. 2014. Leap Motion Blog. Acessado em Jul. 2016. Disponível em: <<http://blog.leapmotion.com/dont-settle-for-air-pokes-thinking-outside-the-mouse/>>.

_____. **Taking Motion control Ergonomics Beyond Minority Report**. 2014. Leap Motion Blog. Acessado em Jul. 2016. Disponível em: <<http://blog.leapmotion.com/taking-motion-control-ergonomics-beyond-minority-report/>>.

COLGAN, A. **How Does the Leap Motion Controller Work?** 2014. Leap Motion Blog. Acessado em Jun. 2015. Disponível em: <<http://blog.leapmotion.com/hardware-to-software-how-does-the-leap-motion-controller-work/>>.

DAVIS, A. **Getting Started with the Leap Motion SDK**. 2014. Leap Motion Blog. Acessado em Jul. 2016. Disponível em: <<http://blog.leapmotion.com/getting-started-leap-motion-sdk/>>.

DESROSIERS, J. et al. The minnesota manual dexterity test: Reliability, validity and reference values studies with healthy elderly people. **Canadian Journal of Occupational Therapy**, v. 64, n. 5, p. 270–276, 1997. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1177/000841749706400504>>.

FERREIRA, N. **Serious Games**. Braga, Portugal, 2008. Technical Report.

FOKI, T. et al. Finger dexterity deficits in Parkinson's disease and somatosensory cortical dysfunction. **Parkinsonism and Related Disorders**, Elsevier Ltd, v. 21, n. 3, p. 259–265, 2015. ISSN 18735126. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.parkreldis.2014.12.025>>.

GOLDSTONE, W. **Unity Game Development Essentials**. [S.l.]: Image Rochester, NY, 2009. v. 10. 298 p. ISSN 1847198198. ISBN 9781847198181.

GOULART, F.; XAVIER, L. Uso de escalas para avaliação da doença de Parkinson em fisioterapia. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 11, n. 1, p. 49–56, 2005. ISSN 1809-2950. Disponível em: <http://www.crefito3.com.br/revista/usp/01{_}04/Pagesfrompg01{_}60-49a>.

HAN, J.; GOLD, N. Lessons Learned in Exploring the Leap Motion(TM) Sensor for Gesture-based Instrument Design. In: **Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 371–374.

HORD, M. **Leap Motion Teardown**. 2013. Sparkfun. Acessado em Jun. 2015. Disponível em: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/leap-motion-teardown/introduction>>.

IJSSELSTAIJN, W. A.; KORT, Y. A. W. de; POELS, K. **The Game Experience Questionnaire**. Eindhoven, 2013.

JANKOVIC, J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, BMJ Publishing Group Ltd, v. 79, n. 4, p. 368–376, 2008. ISSN 0022-3050. Disponível em: <<http://jnnp.bmj.com/content/79/4/368>>.

KANESHIRO, N. K.; ZIEVE, D. **Fine Motor Control**. 2015. Acessado em Jul. 2016. Disponível em: <<https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/002364.htm>>.

LAAMARTI, F.; EID, M.; SADDIK, A. E. An Overview of Serious Games. **International Journal of Computer Games Technology**, v. 2014, p. 1–15, 2014. ISSN 1687-7047.

Leap Motion. 2015. Acessado em Jun. 2015. Disponível em: <<http://www.leapmotion.com/>>.

LLOPIS, N. **Prototyping: You're (Probably) Doing It Wrong**. 2010. Games from Within. Acessado em Fev. 2016. Disponível em: <<http://gamesfromwithin.com/prototyping-youre-probably-doing-it-wrong>>.

LU, X. Natural Human-Computer Interaction with Kinect and Leap Motion. Australian National University. 2014.

MACEDO, A.; PRADA, R.; SANTOS, P. Serious Game for Motion Disorders Rehabilitation of Parkinson's Disease Patients. **Videojogos**, 2014.

MCCALLUM, S. Gamification and Serious Games for Personalized Health. In: BLOBEL, B.; PHAROW, P.; SOUSA, F. (Ed.). **pHealth**. [S.l.]: IOS Press BV, 2012. (Studies in Health Technology and Informatics, v. 177), p. 85–96.

MCNANEY, R. et al. Designing for and with People with Parkinson's. In: **Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI15**. ACM Press, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2702123.2702310>>.

MURASA, J. A.; STOKES, E. K.; CAHILL, V. Assistive technology in everyday living – a user survey of people with Parkinson's disease. **Technology & Disability**, v. 20, n. 4, p. 271–282, 2008. ISSN 1055-4181.

NIELSEN, J. **How Many Test Users in a Usability Study?** 2012. Nielsen Norman Group. Acessado em Nov. 2016. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>>.

NORMAN, D.; NIELSEN, J. Gestural interfaces: a step backward in usability. **Interactions**, 2010. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1836228>>.

NORMAN, D. A. **Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things**. New York, NY: Basic Books, 2004. 257 p.

_____. Natural user interfaces are not natural. **Interactions**, v. 17, n. 3, p. 6, 2010. ISSN 10725520.

NORMAN, K. L. GEQ (Game Engagement/experience questionnaire): A review of two papers. **Interacting with Computers**, v. 25, n. 4, p. 278–283, 2013. ISSN 09535438.

PACHOULAKIS, I.; PAPADOPOULOS, N.; SPANAKI, C. Parkinson's Disease Patient Rehabilitation Using Gaming Platforms: Lessons Learnt. **International journal of Biomedical Engineering and Science**, v. 2, n. 4, p. 1–12, 2015. ISSN 23940832.

PARKINSON, J. An essay on the shaking palsy. 1817. **The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences**, v. 14, n. 2, p. 223–236; discussion 222, 2002. ISSN 08950172.

PLEMMONS, D.; MANDEL, P. **Designing Intuitive Applications**. 2014. Acessado em Jul. 2016. Disponível em: <<https://developer-archive.leapmotion.com/articles/designing-intuitive-applications>>.

_____. **Introduction to Motion Control**. 2014. Leap Motion Blog. Acessado em Jul. 2016. Disponível em: <<https://developer-archive.leapmotion.com/articles/intro-to-motion-control>>.

POELS, K.; KORT, Y. A. W. de; IJSSELSTEIJN, W. A. **D3.3: Game Experience Questionnaire: development of a self-report measure to assess the psychological impact of digital games**. Eindhoven, 2007.

POELS, K.; KORT, Y. de; IJSSELSTEIJN, W. Identification and Categorization of Digital Game Experiences: A Qualitative Study Integrating Theoretical Insights and Player Perspectives. **Westminster Papers in Communication and Culture**, v. 9, n. 1, p. 107–129, Janeiro 2012. ISSN 1744-6716.

PRADO, A. L. C. **Avaliação da memória emocional na doença de parkinson**. 2008. Tese (Doutorado) — Universidade de Brasília, 2008.

PROCHÁZKA, D. et al. Mainstreaming gesture based interfaces. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, Mendel University Press, v. 61, n. 7, p. 2655–2660, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.11118%2FActaun201361072655>>.

REGO, P.; MOREIRA, P.; REIS, L. Serious games for rehabilitation: A survey and classification towards a taxonomy. **Information Systems and Technologies (CISTI), 2010 5th Iberian Conference on**, p. 1–6, 2010.

SAFFER, D. **Designing Gestural Interfaces**. 1st. ed. Sebastopol, CA.: O'Reilly Media, Inc., 2008. 247 p. ISBN 9780596518394.

SCHIEBER, M. H.; SANTELLO, M. Hand function: peripheral and central constraints on performance. **Journal of Applied Physiology**, American Physiological Society, v. 96, n. 6, p. 2293–2300, 2004. ISSN 8750-7587. Disponível em: <<http://jap.physiology.org/content/96/6/2293>>.

SKJAERET, N. et al. Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. **International Journal of Medical Informatics**, Elsevier Ireland Ltd, v. 85, n. 1, p. 1–16, Abril 2016. ISSN 18728243.

SUSI, T.; JOHANNESSON, M.; BACKLUND, P. **Serious Games – An Overview**. Sweden, 2007. v. 73, n. HS-IKI-TR-07-001, 28 p. Disponível em: <[http://www.autzones.com/din6000/textes/semaine12/SusiEtAl\(2005\).pdf](http://www.autzones.com/din6000/textes/semaine12/SusiEtAl(2005).pdf)>.

TAYLOR, J.; CURRAN, K. Using Leap Motion and Gamification to Facilitate and Encourage Rehabilitation for Hand Injuries: Leap Motion for Rehabilitation. In: **Advances in Medical Technologies and Clinical Practice**. Hershey: IGI Global, 2015. v. 1, cap. 9, p. 78–104. ISBN 9781466695221.

UNITY. **Unity: Company Facts**. 2016. Acessado em Jul. 2016. Disponível em: <<http://unity3d.com/public-relations>>.

WATTANASOONTORN, V. et al. Serious games for health. **Entertainment Computing**, International Federation for Information Processing, v. 4, n. 4, p. 231–247, 2013. ISSN 18759521. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.entcom.2013.09.002>>.

WEICHERT, F. et al. Analysis of the accuracy and robustness of the Leap Motion Controller. **Sensors (Switzerland)**, v. 13, n. 5, p. 6380–6393, 2013. ISSN 14248220.

WIGDOR, D.; WIXON, D. **Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture**. 1st. ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011. 242 p. ISSN 01635948. ISBN 0123822319, 9780123822314.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Grupo: _____

Pontuação: _____

1. Identificação

- Idade: _____
- Sexo: () Masculino () Feminino () Outro
- () Estudante () Professor () Profissional da Saúde

2. Game Experience Questionnaire

Por favor, indique como você se sentiu após ter finalizado o jogo para cada item de acordo com a escala:

Nada/Nenhum	Levemente	Moderadamente	Bastante	Extremamente
0	1	2	3	4

1	Eu me senti contente	
2	Eu me senti habilidoso	
3	Eu estava interessado no jogo	
4	Eu achei divertido	
5	Eu estava imerso com o jogo	
6	Eu me senti feliz	
7	Eu senti um mal humor	
8	Eu pensei em outras coisas	
9	Eu achei cansativo	
10	Eu me senti capaz	
11	Eu achei difícil	
12	Era esteticamente agradável	
13	Eu esqueci do resto ao meu redor	
14	Eu me senti bem	
15	Eu joguei bem	
16	Eu me senti entediado	
17	Eu me senti realizado/vitorioso	
18	Eu me senti imaginativo	
19	Eu senti que poderia explorar coisas	
20	Eu achei prazeroso	
21	Eu atingi o objetivo do jogo rapidamente	
22	Eu me sentindo incomodado	
23	Eu me senti pressionado	
24	Eu me senti irritado	
25	Eu perdi a noção do tempo	
26	Eu me senti desafiado	

27	Eu achei impressionante	
28	Eu estava bastante concentrado	
29	Eu me senti frustrado	
30	Eu senti uma experiência rica/completa	
31	Eu perdi a conexão com o mundo externo	
32	Eu me senti pressionado pelo tempo	
33	Eu tive que fazer esforço	

3. GEQ – Módulo Pós-Jogo

Por favor, indique como você se sentiu após ter finalizado o jogo para cada item de acordo com a escala:

Nada/Nenhum	Levemente	Moderadamente	Bastante	Extremamente
0	1	2	3	4

1	Eu me senti revitalizado	
2	Eu me senti mal	
3	Eu achei difícil voltar a realidade	
4	Eu me senti culpado	
5	Pareceu uma vitória	
6	Eu achei uma perda de tempo	
7	Eu me senti energizado	
8	Eu me senti satisfeito	
9	Eu me senti desorientado	
10	Eu me senti exausto	
11	Eu senti que poderia ter feito mais	
12	Eu me senti poderoso	
13	Eu senti fadiga	
14	Eu me senti decepcionado	
15	Eu me senti envergonhado	
16	Eu senti orgulho	
17	Eu tive sensação de ter retornado de uma jornada	

4. Funcionalidade

Por favor, indique como você se sentiu após ter finalizado o jogo para cada item de acordo com a escala:

Nada/Nenhum	Levemente	Moderadamente	Bastante	Extremamente
0	1	2	3	4

1	O jogo exige o movimento das mãos?	
2	O jogo exige o movimento dos dedos?	
3	O jogo exige o movimento dos punhos?	
5	Qual o grau de exigência do uso de habilidade manual?	

APÊNDICE B – TCLE

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Avaliação de usabilidade, jogabilidade e funcionalidade em jogos sérios para reabilitação de movimentos finos

Título do estudo: Jogos Sérios para Recuperação e Reabilitação de Movimentos Finos Utilizando Interfaces Naturais

Pesquisador(es) responsável(is): Marcos Cordeiro d'Ornellas e Ana Lúcia Cervi Prado

Instituição/Departamento: PPGI-UFSM e Serviço de Fisioterapia do HUSM

Telefone para contato: (55) 3220-6111 ou (55) 99991-9931

E-mail para contato: marcosdornellas@gmail.com

Local da coleta de dados: Serviço de Fisioterapia do HUSM

Prezado(a) Senhor(a):

Você está sendo convidado(a) a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária. Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você se decida a participar. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito.

O objetivo deste estudo é avaliar a usabilidade, jogabilidade e funcionalidade de um conjunto de jogos sérios que foram desenvolvidos especificamente para a reabilitação manual. Estes jogos são feitos para um jogador, e foram desenvolvidos usando a plataforma Unity juntamente com o dispositivo Leap Motion. O trabalho desenvolvido é parte integrante da dissertação do Acad. Antônio Augusto Foletto do Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) da UFSM, o qual é orientado pelo Prof. Dr. Marcos Cordeiro d'Ornellas.

Os procedimentos utilizados durante a avaliação são reconhecidos pela comunidade científica internacional e considerados relevantes para o estudo em questão. A avaliação fará uso do instrumento GEQ (Game Experience Questionnaire), composto de 50 perguntas, e 4 perguntas adicionais sobre funcionalidade. Os questionários utilizam a escala Likert (de 0 a 4) para responder as perguntas.

Sua participação nesta pesquisa consistirá apenas no preenchimento do questionário após uma sessão de 01 minuto e 30 segundos de cada jogo, respondendo às perguntas formuladas que abordam a experiência do jogo sério em questão.

Esta pesquisa trará maior conhecimento sobre o tema abordado, sem benefício direto para você (caso exista algum benefício direto ao sujeito da pesquisa, este deve ser especificado). O preenchimento deste questionário não representará qualquer risco de ordem física ou psicológica para você (caso o tema abordado possa causar algum tipo de constrangimento ao entrevistado, o mesmo deverá ser avisado desta possibilidade).

As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto,
Eu, _____
estou de acordo em participar desta pesquisa, assinando este consentimento em duas vias, ficando com a posse de uma delas.

Santa Maria _____, de _____ de 2016.

Assinatura

Pesquisador responsável

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato:
Comitê de Ética em Pesquisa - UFSM - Cidade Universitária - Bairro Camobi, Av. Roraima,
no1000 - CEP: 97.105.900 Santa Maria - RS. Telefone: (55) 3220-9362 - Fax: (55)3220-
8009 Email: comiteeticapesquisa@smail.ufsm.br. Web: www.ufsm.br/cep

ANEXO A – GEQ

FUGA The fun of gaming: Measuring the human experience of media enjoyment



GAME EXPERIENCE QUESTIONNAIRE

IJsselsteijn, W.A., de Kort, Y.A.W. & Poels, K.

Table of Contents

1.	Introduction.....	3
2.	Game Experience Questionnaire – Core Module.....	4
3.	In-game GEQ	6
4.	GEQ - Social Presence Module.....	7
5.	GEQ – post-game module.....	8
6.	Scoring guidelines	9
	Scoring guidelines GEQ Core Module	9
	Scoring guidelines GEQ In-Game version	9
	Scoring guidelines GEQ Social Presence Module	9
	Scoring guidelines GEQ Post-game Module.....	9

1. Introduction

This document contains the English version of the Game Experience Questionnaire. The development and testing of the Game Experience Questionnaire is described in project Deliverable 3.3.

The Game Experience Questionnaire has a modular structure and consists of :

1. The core questionnaire
2. The Social Presence Module
3. The Post-game module.

In addition to these modules, a concise in-game version of the GEQ was developed.

All three modules are meant to be administered immediately after the game-session has finished, in the order given above. Part one and two probe the players' feelings and thoughts while playing the game; Part 3, the post-game module, assesses how players felt after they had stopped playing.

Part 1 is the core part of the GEQ. It assesses game experience as scores on seven components: Immersion, Flow, Competence, Positive and Negative Affect, Tension, and Challenge. For a robust measure, we need five items per component. As translation of questionnaire items, no matter how carefully performed, sometimes results in suboptimal scoring patterns, we have added a spare item to all components. After the first use of the translated GEQs, scale analyses will be performed to check whether any item should be discarded or replaced.

Part 2, the social presence module, investigates psychological and behavioural involvement of the player with other social entities, be they virtual (i.e., in-game characters), mediated (e.g., others playing online), or co-located. This module should only be administered when at least one of these types of co-players were involved in the game.

Part 3, the post-game module, assesses how players felt after they had stopped playing. This is a relevant module for assessing naturalistic gaming (i.e., when gamers have voluntarily decided to play), but may also be relevant in experimental research.

The In-game version of the GEQ is a concise version of the core questionnaire. It has an identical component structure and consists of items selected from this module. The in-game questionnaire is developed for assessing game experience at multiple intervals during a game session, or play-back session. This should facilitate the validation of continuous and real-time indicators some of the partners in the FUGA project are developing.

2. Game Experience Questionnaire – Core Module

Please indicate how you felt while playing the game for each of the items, on the following scale:

not at all	slightly	moderately	fairly	extremely
0	1	2	3	4
< >	< >	< >	< >	< >

1	I felt content	
2	I felt skilful	
3	I was interested in the game's story	
4	I thought it was fun	
5	I was fully occupied with the game	
6	I felt happy	
7	It gave me a bad mood	
8	I thought about other things	
9	I found it tiresome	
10	I felt competent	
11	I thought it was hard	
12	It was aesthetically pleasing	
13	I forgot everything around me	
14	I felt good	
15	I was good at it	
16	I felt bored	
17	I felt successful	
18	I felt imaginative	
19	I felt that I could explore things	
20	I enjoyed it	
21	I was fast at reaching the game's targets	
22	I felt annoyed	
23	I felt pressured	
24	I felt irritable	
25	I lost track of time	
26	I felt challenged	
27	I found it impressive	
28	I was deeply concentrated in the game	

FUGA The fun of gaming: Measuring the human experience of media enjoyment

29	I felt frustrated	
30	It felt like a rich experience	
31	I lost connection with the outside world	
32	I felt time pressure	
33	I had to put a lot of effort into it	

3. In-game GEQ

Please indicate how you felt while playing the game for each of the items, on the following scale:

not at all	slightly	moderately	fairly	extremely
0	1	2	3	4
< >	< >	< >	< >	< >

1	I was interested in the game's story	GEQ Core – 3
2	I felt successful	GEQ Core – 17
3	I felt bored	GEQ Core – 16
4	I found it impressive	GEQ Core – 27
5	I forgot everything around me	GEQ Core – 13
6	I felt frustrated	GEQ Core – 29
7	I found it tiresome	GEQ Core – 9
8	I felt irritable	GEQ Core – 24
9	I felt skilful	GEQ Core – 2
10	I felt completely absorbed	GEQ Core – 5
11	I felt content	GEQ Core – 1
12	I felt challenged	GEQ Core – 26
13	I had to put a lot of effort into it	GEQ Core – 33
14	I felt good	GEQ Core – 14

4. GEQ - Social Presence Module

Please indicate how you felt while playing the game for each of the items, on the following scale:

not at all	slightly	moderately	fairly	extremely
0	1	2	3	4
< >	< >	< >	< >	< >

1	I empathized with the other(s)	
2	My actions depended on the other(s) actions	
3	The other's actions were dependent on my actions	
4	I felt connected to the other(s)	
5	The other(s) paid close attention to me	
6	I paid close attention to the other(s)	
7	I felt jealous about the other(s)	
8	I found it enjoyable to be with the other(s)	
9	When I was happy, the other(s) was(were) happy	
10	When the other(s) was(were) happy, I was happy	
11	I influenced the mood of the other(s)	
12	I was influenced by the other(s) moods	
13	I admired the other(s)	
14	What the other(s) did affected what I did	
15	What I did affected what the other(s) did	
16	I felt revengeful	
17	I felt schadenfreude (malicious delight)	

5. GEQ – post-game module

Please indicate how you felt after you finished playing the game for each of the items, on the following scale:

not at all	slightly	moderately	fairly	Extremely
0	1	2	3	4
< >	< >	< >	< >	< >

1	I felt revived	
2	I felt bad	
3	I found it hard to get back to reality	
4	I felt guilty	
5	It felt like a victory	
6	I found it a waste of time	
7	I felt energised	
8	I felt satisfied	
9	I felt disoriented	
10	I felt exhausted	
11	I felt that I could have done more useful things	
12	I felt powerful	
13	I felt weary	
14	I felt regret	
15	I felt ashamed	
16	I felt proud	
17	I had a sense that I had returned from a journey	

6. Scoring guidelines

Scoring guidelines GEQ Core Module

The Core GEQ Module consists of seven components; the items for each are listed below.

Component scores are computed as the average value of its items.

Competence: Items 2, 10, 15, 17, and 21.

Sensory and Imaginative Immersion: Items 3, 12, 18, 19, 27, and 30.

Flow: Items 5, 13, 25, 28, and 31.

Tension/Annoyance: Items 22, 24, and 29.

Challenge: Items 11, 23, 26, 32, and 33.

Negative affect: Items 7, 8, 9, and 16.

Positive affect: Items 1, 4, 6, 14, and 20.

Scoring guidelines GEQ In-Game version

The In-game Module consists of seven components, identical to the core Module. However, only two items are used for every component. The items for each are listed below.

Component scores are computed as the average value of its items.

Competence: Items 2 and 9.

Sensory and Imaginative Immersion: Items 1 and 4.

Flow: Items 5 and 10.

Tension: Items 6 and 8.

Challenge: Items 12 and 13.

Negative affect: Items 3 and 7.

Positive affect: Items 11 and 14.

Scoring guidelines GEQ Social Presence Module

The Social Presence Module consists of three components; the items for each are listed below.

Component scores are computed as the average value of its items.

Psychological Involvement – Empathy: Items 1, 4, 8, 9, 10, and 13.

Psychological Involvement – Negative Feelings: Items 7, 11, 12, 16, and 17.

Behavioural Involvement: Items 2, 3, 5, 6, 14, and 15.

Scoring guidelines GEQ Post-game Module

The post-game Module consists of four components; the items for each are listed below.

Component scores are computed as the average value of its items.

Positive Experience: Items 1, 5, 7, 8, 12, 16.

Negative experience: Items 2, 4, 6, 11, 14, 15.

Tiredness: Items 10, 13.

Returning to Reality: Items 3, 9, and 17.