



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

PAULO ROBERTO FERREIRA VIANA FILHO

REABILITAÇÃO MOTORA E TELEMETRIA PARA DEFICIENTES COM KINECT

TERESINA, PIAUÍ

2020

PAULO ROBERTO FERREIRA VIANA FILHO

REABILITAÇÃO MOTORA E TELEMETRIA PARA DEFICIENTES COM KINECT

Projeto apresentado à Banca Examinadora como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Orientador: Prof. M^e Francisco Marcelino Almeida de Araújo

TERESINA, PIAUÍ

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Viana Filho, Paulo Roberto Ferreira
V614r Reabilitação motora e telemetria para deficientes com Kinect / Paulo
Roberto Ferreira Viana Filho. - 2020.
37 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e
Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina
Central, 2020.
Orientador : Prof. Me. Francisco Marcelino Almeida de Araújo.

1. Reabilitação. 2. Cadeirantes. 3. Fisioterapia. 4. Kinect. 5. Biotelemetria.
I. Título.

CDD - 004.21

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

PAULO ROBERTO FERREIRA VIANA FILHO

REABILITAÇÃO MOTORA E TELEMETRIA PARA DEFICIENTES COM KINECT

Projeto apresentado à Banca Examinadora como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Aprovado pela banca examinadora em _____.

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. M^e Francisco Marcelino
Almeida de Araújo**

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Antonio Francisco da Silva
Júnior**

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof. M^e. Duany Dreyton
Bezerra Souza**

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof^a. Dr.^a Bruna de Freitas
Iwata**

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

TERESINA, PIAUÍ

2020

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram ao longo dos anos no curso, à minha família, e
todas as outras pessoas que me tem como alguém querido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, que me apoiaram a crescer e me manter firme perante as dificuldades, assim como agradeço a muitos professores no Instituto Federal do Piauí que ouviram minhas dificuldades e me orientaram como ultrapassar barreiras.

Agradeço a todos os professores no curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas que me ensinaram por todos esses anos.

Agradeço a meu orientador Marcelino, por me guiar e me cobrar, me ajudando a gerar um trabalho digno, que eu me orgulhe.

RESUMO

Acessibilidade e inclusão de pessoas que sofrem de algum tipo de deficiência é um tema recorrente que já é analisado como um problema no campo de direitos humanos. Rampas, elevadores, dentre outros aparelhos estão presentes no nosso dia-a-dia, visando uma inclusão desses indivíduos com mobilidade limitada. Dos vários tipos de limitações motoras, especialmente as parciais, sua maioria estão relacionadas à processos de reabilitação físico-motora, com o intuito de diminuir ou eliminar a dependência do paciente de um cuidador ou desses aparelhos para adaptação, garantindo o bem-estar e auto-estima do indivíduo. Pessoas que perdem os movimentos do corpo, seja total ou parcialmente, devem ter um acompanhamento médico para a devida checagem de sua condição física e recapacitação de seus movimentos. Este processo é feito a partir de exercícios e protocolos que são realizados de forma manual, com uma avaliação empírica do fisioterapeuta. Isso traz a possibilidade de uma interpretação equivocada ao ler registros passados de um tratamento em, por exemplo, caso haja uma mudança no fisioterapeuta responsável. Para uma análise mais precisa, fisioterapeutas usam uma gama de aparelhos que permitem adquirir dados do paciente, como o espirômetro, que permite adquirir a intensidade do sopro do paciente e sua capacidade pulmonar. Da mesma forma, existem tecnologias capazes de adquirir dados de movimento e quantizá-los, podendo provar-se útil para um registro mais preciso dos dados obtidos de forma numérica, evitando possíveis interpretações errôneas. Este trabalho visa a criação de um sistema que, juntamente a um projeto de jogos de exercício (exergames), possa adquirir e transmitir esses dados para uma análise mais fácil e rápida, contando com gráficos, tabelas, e outros indicadores visuais para que melhorar a avaliação dos tratamentos fisioterapêuticos. O uso juntamente com um exergame também traz benefícios como um aumento na adesão do paciente ao tratamento, e melhorias no seu bem estar.

Palavras-chaves: REABILITAÇÃO. CADEIRANTES. FISIOTERAPIA. KINECT. BIOTELEMETRIA.

ABSTRACT

Accessibility and inclusiveness of people with disabilities is a recurring theme that is already perceived as an issue in the field of human rights. Ramps, elevators, among other devices are present in our daily lives, aiming at the inclusion of these individuals with limited mobility. Various types of motor limitations, especially the partial ones, are very involved with physical-motor rehabilitation processes, with the purpose of reducing or eliminating the patient's dependence on a caregiver or devices for adaptation, ensuring the well-being and self esteem of the individual. People who lose their body movements, either entirely or partially, must have medical follow-up to properly check their physical condition and to recap their movements. This process is based on exercises and procedures that are performed manually, with an empirical evaluation of the physiotherapist. This brings the possibility of misinterpretation when reading past records of a treatment, for example, if there is a change in the physiotherapist in charge. For more accurate analysis, physiotherapists use a range of devices that allow patient data to be acquired, such as the spirometer, which allows the physician to acquire the patient's breath intensity and lung capacity. Similarly, there are technologies capable of acquiring motion data and quantifying them, which may prove useful for a more accurate recording of data obtained numerically, avoiding possible misinterpretations. This work aims to create a system that, together with an exercise game project (exergames), can acquire and transmit this data for easier and faster analysis, relying on graphs, tables, and other visual indicators to improve the evaluation of physiotherapeutic treatments. Use together with an exergame also has benefits such as increased patient compliance with treatment and improvements in well being.

Key-words: GAMES. REHABILITATION. WHEELCHAIR USERS. KINECT. BIOTELEMETRY.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MoCap	Motion Capture
Motion Capture	Captura de movimentos
Console	A plataforma em que um jogo eletrônico individual é jogado. Por exemplo: Nintendo 64, Super Nintendo, Playstation 2, Sega Saturn, dentre outros.
Game Engine	Programa de computador que serve para a produção de jogos digitais.
Benchmarking	Processo de comparação de ferramentas, com o objetivo de achar os pontos fracos e fortes de cada um.
API	Application programming interface (Interface de programação de aplicações)
Gamificação	Uso de mecânicas e dinâmicas de jogos para engajar pessoas, resolver problemas e melhorar o aprendizado, motivando ações e comportamentos em ambientes fora do contexto de jogos.
NUI	Natural User Interface (Interface natural de usuário) Utilização do movimento do corpo do usuário como meio de interação com um sistema
Plugin	Componente de software utilizado para adicionar uma funcionalidade a um sistema
HTML	Hypertext Markup Language - Linguagem de marcação utilizada em computadores para a estruturação de sites na internet.
JSON	JavaScript Object Notation - Estrutura de dados leve utilizada para transferências de objetos e parâmetros
Token	Código utilizado como chave para substituir uma credencial pré-autorizada.
Blueprint	Forma de programação utilizando uma interface visual composta de blocos e nós que conectam e controlam o fluxo de dados. Utilizado na Unreal Engine

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	12
2	TECNOLOGIA E VIDEOGAMES NA REABILITAÇÃO MOTORA . .	13
2.1	Biotelemetria e obtenção de dados	13
3	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivos Gerais	15
3.2	Objetivos Específicos	15
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
4.1	Captura de movimentos - MoCap	16
4.2	Avaliação Fisioterapêutica	16
5	CAPTURE DE MOVIMENTOS E SUAS TECNOLOGIAS	17
5.1	Marcadores	17
5.1.1	Marcadores Passivos	17
5.1.2	Marcadores Ativos	18
5.2	Câmeras de profundidade	19
5.3	Câmeras <i>Time-of-Flight</i>	19
5.4	Sensores inerciais	21
6	ESCOLHA DA FERRAMENTA(BENCHMARKING)	22
6.1	O fim do Kinect V2	23
7	TRABALHOS RELACIONADOS	24
7.1	Almeida <i>et al.</i>	24
7.2	Vital <i>et al.</i>	24
7.3	Szykman <i>et al.</i>	25
7.4	Dehkordi <i>et al.</i>	26
7.5	Dutta <i>et al.</i>	26
7.6	Steward <i>et al.</i>	27
8	METODOLOGIA	28
9	CONCLUSÃO	34
9.1	Testes com cadeirantes	34
9.2	Trabalhos futuros	35

REFERÊNCIAS	36
--------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Estando presente desde antes da era digital, e agora presente como uma das mais fortes indústrias da área de entretenimento[1] os video-games foram capazes de evoluir de várias formas ao decorrer das décadas. Uma dessas formas de evolução pode ser observada através da forma que o jogador e o jogo interagem entre si. A forma mais conhecida e empregada dessa interação humano-computador é através dos controles: dispositivos eletrônicos capazes de enviar sinais para o video-game a partir de botões, alavancas e sensores em geral. Inicialmente, controles não possuíam mecanismos especializados para seu funcionamento voltado especificamente para jogar jogos virtuais, onde os cientistas utilizavam-se de qualquer meio disponível que o jogador pudesse interagir com a máquina.[1]

Em 1958, conhecido como o primeiro jogo digital, *Tennis for Two* utilizava um dispositivo que continha apenas um potenciômetro que definia a angulação em que a bola seria lançada e um botão que a rebate. Contudo, ao decorrer dos mais de 60 anos desde o lançamento deste jogo, videogames ficaram conhecidos e se tornaram uma forma comum de entretenimento, começando a dispor de elementos e peças eletrônicas mais rebuscadas e complexas, até o ponto de utilizar as tecnologias mais avançadas de seu respectivo ano.[1]

Tenhamos como exemplo o Nintendo Wii®: Um console que conseguiu criar diferentes formas de interação com o jogador através de seu novo controle, que era capaz de ler os movimentos feitos com a mão, é um dos exemplos conhecidos de tecnologias inovadoras que foram utilizadas nos videogames. Essa tecnologia possibilitou que o usuário pudesse apontar e selecionar objetos na tela tal como um *mouse* de computador ou um controle remoto de TV. Vários jogos presentes no console incluíam mecânicas de interação que levavam o jogador a fazer um movimento específico para executar uma ação. Isso levou pesquisadores a utilizar este tipo de jogo para analisar o desempenho de pacientes com deficiências físicas e suas consequências. Por exemplo, o Wii foi utilizado para fins de reabilitação fisioterapêutica em pacientes portadores do mal de Parkinson[2], onde foi demonstrada sua relevância no tratamento como uma atividade auxiliar, conhecido como *Wii-hab*.

Interfaces que possuem interações humano-computador que envolvem o movimento humano, como o controle do *Nintendo Wii*®, são conhecidas como **Natural User Interface (NUI)**, isto é, interface natural de usuário. Um outro forte exemplo de uso da NUI é o *Kinect*®, que se utiliza apenas de sensores para adquirir dados, não necessitando da presença de qualquer controle na mão do jogador, ao contrário do caso anterior. Por esse motivo, se tornou um dispositivo revolucionário[3] para a indústria de video-games. Tal como o Nintendo Wii e outros dispositivos NUI, o Kinect também foi amplamente utilizado para fins terapêuticos[4][5][6], onde obteve notoriedade em projetos envolvendo pacientes de derrame cerebral (AVC)[7][8][9], paralisia cerebral, mal de Parkinson, pessoas com deficiências cognitivas[10], dentre outras

enfermidades que limitam os movimentos físicos.

1.1 JUSTIFICATIVA

No território brasileiro há cerca de 46 milhões de indivíduos, cerca de 24% da população, que declaram ter alguma forma de deficiência[11], das quais podem provocar dificuldades em realizar diversas tarefas muitas vezes essenciais do dia-a-dia. Aproximadamente 7% da população declara ter alguma deficiência motora que ocasiona de fato dificuldades neste tipo de tarefas. Tendo estes dados em mente e as várias doenças e enfermidades que acarretam nestas deficiências, é possível observar em várias situações que os sistemas criados com o intuito de promover a acessibilidade a pessoas com deficiência sofrem descaso e por muitas vezes se encontram inoperantes, como os elevadores de ônibus para cadeirantes.[12]

Pesquisas para tratamentos de deficiências motoras e reabilitação comumente se deparam com um problema: Uma solução aplicada para uma enfermidade não necessariamente funciona para outra, mesmo que similar. Existe a possibilidade inclusive, de soluções que foram aplicadas com sucesso em um paciente não sirvam para outro com a mesma limitação. Isto poderia se dar devido a diferentes fatores, como a doença em si, o grau de severidade de cada caso, e a área do corpo afetada. Logo, suprir essa demanda de soluções para cada caso pode se tornar uma tarefa árdua e trabalhosa.

Os benefícios do tratamento fisioterapêutico para os pacientes são muitos: Costa[13] cita por exemplo, que a habilidade de um indivíduo de se levantar da cadeira de rodas diminui sua dependência de um cuidador, além de reduzir ou eliminar problemas decorrentes da condição, como coágulos, atrofia muscular, infecção na bexiga e nos dutos urinários, e osteoporose. Mais benefícios também são vistos na parte psicológica do paciente, que com uma melhora na auto-estima, relação familiar e social, refletem diretamente no tratamento.

2 TECNOLOGIA E VIDEOGAMES NA REABILITAÇÃO MOTORA

A empregabilidade de video-games para fins fisioterapêuticos é pesquisada no meio acadêmico comumente por meio da **Gamificação** (*Gamification*) de atividades utilizadas no tratamento. Segundo Hamari et al.[14], a gamificação pode ser definida como um processo que visa melhorar um serviço através de ganhos motivacionais, criando experiências similares a jogos. Para o tratamento de um paciente, diversas tecnologias podem ser empregadas, desapegando-se dos *consoles* de videogames comerciais voltados para uso em casa e comumente com fins de entretenimento. Como as atividades e exercícios para reabilitação tem como objetivo estimular o movimento do paciente, as tecnologias empregadas costumam ser reativas ao movimento ou ação do usuário, tal qual o uso de sensores de pressão e sensores que calculam a força da respiração do indivíduo em exercícios pulmonares. As ferramentas de NUI estão inclusas nessa gama de tecnologias aplicadas. Elas garantem a interação do usuário com o computador, que responde adequadamente.

Ferramentas de software voltadas para a criação de jogos, conhecidas como *Game Engines* proporcionam a capacidade de pessoas ou grupos criarem seu próprios jogos personalizados. Em combinação com as ferramentas de NUI, como o Kinect, isto possibilita a criação de soluções voltadas tanto para o tratamento de pessoas com deficiência, quanto a acessibilidade de jogadores com deficiências motoras na utilização destes aparelhos. Um grande exemplo é o Kinect Wheels[15], que utilizou a biblioteca de programação na linguagem C# fornecida pela fabricante, Microsoft, para criar gestos para que cadeirantes possam substituir por movimentos que não conseguem fazer.

2.1 BIOTELEMETRIA E OBTENÇÃO DE DADOS

Um aspecto que pode ser explorado para a compreensão da situação de um paciente frente ao seu tratamento é a aquisição de dados. O ato de adquirir medidas e dados a distância é conhecido como **Telemetria**[16]. Por sua vez, a **Biotelemetria** representa o uso dessa aquisição de dados no âmbito da biologia, medicina, e saúde com o intuito de adquirir dados do paciente como sinais vitais[17]. Um exemplo de uso da biotelemetria é adquirir e armazenar a frequência cardíaca de uma pessoa, possivelmente emitindo um alerta quando houver alguma anormalidade.

Cooke et al.[16], em um trabalho analisando a biotelemetria como ferramenta de pesquisa sobre animais e ecossistemas, observou um imenso potencial para pesquisadores. Em humanos, a biotelemetria pode ser utilizada como forma de monitoramento de pacientes em reabilitação, podendo adquirir a frequência cardíaca de um paciente realizando um exercício de reabilitação[17]. Pode também ser utilizado para checar quaisquer anormalidades no corpo de uma pessoa idosa, em casos de emergência[18].

A aquisição de dados que a biotelemetria proporciona pode ser útil como uma ferramenta auxiliar nos exercícios de reabilitação motora. Adquirir dados numéricos durante o tratamento ajuda a medir, por exemplo, a efetividade do tratamento ao longo do tempo, comparando dados do começo do tratamento e os dados mais recentes. Um projeto atualmente em desenvolvimento[19] utiliza a *game engine* Unreal Engine 4 para a criação de um aplicativo com Kinect que busca guardar e exibir o tempo que um paciente leva para tocar um objeto, quando solicitado. A intenção do projeto é analisar e fornecer dados sobre a movimentação de um paciente com deficiência motora, além de possibilitar uma customização dos exercícios conforme a necessidade do fisioterapeuta.

Ao se analisar o tempo que um paciente leva para realizar uma tarefa simples, como agarrar um objeto em sua frente, é possível inferir a partir de dados reais o desempenho e a efetividade do tratamento. No ambiente fisioterapêutico, o método utilizado para medidas e avaliações são dinâmicas, onde os profissionais realizam julgamentos de acordo com dados observados e com sua experiência[20]. Ao receber dados via biotelemetria do paciente, é possível obter uma análise mais precisa e menos empírica do tratamento, evitando problemas de análise caso, por exemplo, o fisioterapeuta responsável por um paciente seja substituído. Em um caso de substituição, o relatório deixado pelo responsável anterior pode ser interpretado de forma diferente do intencional pelo novo fisioterapeuta. Diante disso, um sistema para o gerenciamento desses dados pode se provar uma ferramenta útil para sanar esses e outros problemas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

Buscando uma melhor qualidade de vida para pessoas que sofrem com deficiências físicas, este trabalho visa criar uma ferramenta que possibilite a aquisição de dados de pacientes em processo de reabilitação motora. O intuito da realização deste projeto também é ajudar a padronizar a avaliação dos dados adquiridos e dar ao paciente e o fisioterapeuta suporte e comodidade ao acesso a esses dados.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento das tecnologias que podem compor o programa proposto;
- Verificar os métodos de comunicação entre o aplicativo Unreal já produzido e do projeto;
- Modelar e projetar o programa;
- Implementação e codificação do sistema e do banco de dados;
- Implementação de uma interface para interagir com os usuários;
- Integração dos programa completo com o aplicativo Unreal;
- Teste de aquisição de dados.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para uma melhor compreensão do projeto proposto e de como ele funciona, é necessário revisar e esclarecer conceitos importantes que auxiliaram a estruturação e definição da metodologia deste projeto.

4.1 CAPTURA DE MOVIMENTOS - MOCAP

O processo de captura de movimentos, conhecido também como MoCap (do inglês *Motion Capture*) é realizada, segundo a pesquisa de Vital[21], adquirindo a **aceleração, velocidade, tempo de duração e posição dos segmentos corporais** de um indivíduo. Essas grandezas podem ser medidas através de sensores especializados que podem adquiri-las de diferentes formas dependendo da tecnologia empregada. Em seu trabalho também é mostrado os diferentes métodos e aparelhos para a aquisição dessas grandezas, tanto quanto suas vantagens e desvantagens. Existem diversos aparelhos e métodos que possibilitam adquirir dados de movimento de um ser humano, desde métodos mais simples e práticos, porém com menor precisão, até os métodos mais sofisticados e precisos, porém mais caros e que requerem um maior esforço e pré-configuração. A seleção da tecnologia empregada pode variar de acordo com a finalidade dos dados.

4.2 AVALIAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA

Gil[20], baseado em Rothstein et al.[22], define a medição como a atribuição de um numeral a um objeto, pessoa, evento ou classe, comparativamente a um padrão pré-definido. É o ato de converter observações em dados e poderá incluir a classificação, a contagem, a ordenação e a quantificação, ou seja, visa expressar numericamente qualidades de um objeto ou fenômeno. Afirmar também que a medição e avaliação é necessária e imprescindível para o fisioterapeuta enquanto profissional, visto que é necessária para a avaliação e descrição dos problemas dos pacientes. Apesar de ser um processo empírico, a avaliação segue um padrão específico baseado na *International Classification of Functioning, Disability, and Health (ICF)*. A ICF é um modelo que engloba todos os aspectos da saúde e do bem estar do paciente para auxiliar em uma avaliação mais padronizada. A medição e avaliação no caso de um paciente com deficiência, é voltado para a análise das atividades básicas cujas efetividades são afetadas direta ou indiretamente pela deficiência. Exemplos de métodos de avaliação incluem: testes descritivos; testes discriminativos; testes de provocação; testes eletrofisiológicos; testes ou medidas de capacidade; testes ou medidas de desempenho; simples indicadores; índices; perfis de saúde e inventários.[20]

5 CAPTURA DE MOVIMENTOS E SUAS TECNOLOGIAS

Para que dados possam ser adquiridos do corpo de um paciente, um sensor deve ser empregado dependendo do tipo dos dados que se busca obter. Por exemplo, para se obter dados da frequência cardíaca de um paciente, um eletrodo é colocado para que o sinal seja recebido. Da mesma forma, para adquirir os dados de uma pessoa praticando exercícios de fisioterapia é necessário que um sensor que obtenha os movimentos do indivíduo esteja conectado para a obtenção dos movimentos para o computador. Existem diversos métodos e tecnologias que possibilitam a captura de movimentos (MoCap) de forma compreensível para que um computador realize o processamento desses dados de movimento adquiridos para a geração de dados relevantes. São eles:

5.1 MARCADORES

O uso de marcadores faz parte de um método de captura de movimento utilizando câmeras. Podendo ser classificadas como marcadores ativos ou passivos, ambos são compostos de uma roupa especial que contém os marcadores em cada segmento do corpo. Para realizar esse procedimento corretamente, são necessárias múltiplas câmeras de alta resolução e performance, garantindo um bom desempenho, conforme visto na tabela 1. O número recomendado de câmeras é 6[21]. Estas câmeras precisam ser instaladas em um amplo ambiente, cujo processo de instalação é custoso e demorado[21], tornando-o bastante imprático.

5.1.1 Marcadores Passivos

Marcadores passivos são cobertos com um material refletor de luz que, ao ser filmado pelo conjunto de câmeras presente no local, facilitam seu rastreamento nas imagens[21], permitindo que um algoritmo de análise de imagens no computador processe os dados obtidos e gere os dados de movimento.



Figura 1: Roupas de marcadores passivos

5.1.2 Marcadores Ativos

Os marcadores ativos são aparelhos postos na roupa especializada que emitem luz para adquirir a posição no espaço em valores nos eixos tridimensionais X, Y, e Z. Essa luz é captada por um set de câmeras especializadas.

Diferentemente dos marcadores passivos, os marcadores ativos atuam no espectro da luz infravermelha, onde cada marcador as emite luz para câmeras especializadas em captá-las (Câmeras Infravermelho). Atuar neste espectro permite um bom desempenho e rapidamente conhecer a localização de cada marcador e evitar interferência[21]. No entanto, elas possuem restrições quanto ao número, tamanho, e proximidade dos marcadores, além de registrar apenas as coordenadas espaciais (X,Y,Z) de cada marcador, e ter problemas para capturar certos movimentos[21].

Vantagens	Desvantagens
Possibilitam altas velocidades de captura e altos níveis de precisão e exatidão	Pode ser necessário um pós-processamento intenso dos dados
Os movimentos de múltiplos sujeitos podem ser capturados simultaneamente	Possibilidade de oclusão dos marcadores, resultando em perda de dados
Um alto número de marcadores pode ser usado e a configuração dos mesmos pode ser alterada facilmente	Hardware e software geralmente mais caros do que os de outros sistemas
O objeto ou indivíduo pode-se movimentar livremente dentro do volume de captura, não sofrendo obstrução por fios ou equipamentos que limitam os movimentos	A maioria dos sistemas necessita que a luz do ambiente seja controlada
O volume de captura pode ser grande o suficiente para vários tipos de aplicações	Tem de se recorrer à ajuda da colocação de marcadores no corpo da pessoa
	Pouco prático pois tem de se montar um sistema de câmaras no local onde se pretende utilizar

Tabela 1: Tabela de vantagens e desvantagens do uso de marcadores levantadas por Vital[21]

5.2 CÂMERAS DE PROFUNDIDADE

As câmeras de profundidade, também conhecidas como *Câmeras RGB-D* são câmeras de cor normais(RGB: Red, Green, Blue) com a adição de um sensor de profundidade(Depth). Seu exemplo mais conhecido é a câmera de profundidade produzida pela Microsoft, o KinectTM. Neste caso específico, sua detecção de profundidade funciona através de um emissor de luz infravermelha para fazer a detecção. O Kinect em seguida usa um módulo de processamento para analisar a imagem e encontrar padrões.[21]

Vantagens	Desvantagens
Sistema fácil de distribuir e instalar	Difícil utilização em ambientes externos
Baixo custo	Necessidade de treino offline anterior ao uso para reconhecer movimentos do humano
	Pouco prático pois tem que se montar a câmera sempre no local onde se pretende utilizar

Tabela 2: Tabela de vantagens e desvantagens das câmeras de profundidade levantadas por Vital[21]

5.3 CÂMERAS TIME-OF-FLIGHT

Câmeras *time-of-flight*(tempo de voo) são dispositivos ópticos que possuem a capacidade de detectar seus arredores através do cálculo de tempo em que a luz leva para atingir um objeto

e retornar[23]. Um exemplo do uso dessa tecnologia é a versão posterior do Kinect™, Kinect V2, também usado no ramo de jogos digitais. Ao contrário das câmeras de profundidade, elas oferecem imagens 3D em uma boa taxa de frames por segundo(também chamado de FPS ou *framerate*), também trazendo uma medida de profundidade para cada pixel do cenário[21]. Mesmo sendo voltado para ser usado como uma forma de controle para jogos digitais, é uma ferramenta que produz, mesmo em sua primeira versão, resultados aceitáveis, porém inferiores a um sistema de marcadores passivos da *Vicon*™, por exemplo[24].

Vantagens	Desvantagens
Profundidade em cada pixel com um elevado framerate	Suscetibilidade a iluminação
Baixo peso, pequeno e design compacto	Interferências: se várias câmaras ToF estiverem em execução em simultâneo, estas podem perturbar as medições de cada uma, dependendo do tempo de multiplexação e das frequências de modulação
Auto-iluminação	Múltiplas reflexões: as câmaras ToF iluminam um cenário inteiro
Reduzido consumo de energia	

Tabela 3: Tabela de vantagens e desvantagens das câmeras *Time-of-Flight* levantadas por Vital[21]

Com seu preço aproximado em \$200 dólares, dado seu custo-benefício, é grandemente vantajoso se comparado à outras ferramentas disponíveis no mercado[25].



Figura 2: Comparação da primeira e segunda versão do Kinect™

Fonte: <https://myxboblog.wordpress.com/2013/11/17/xbox-one-kinect-vs-xbox-360-kinect-which-better/>

5.4 SENSORES INERCIAIS

Outro método de captura de movimentos são os *sensores inerciais*. Se trata de um conjunto de pequenos aparelhos em uma roupa (figura 3) que exploram a propriedade da inércia para funcionar[25]. É um método bastante aceito devido a sua capacidade de movimento livre combinada com uma grande precisão[26]. No entanto, são aparelhos caros, o que pode tornar difícil realizar pesquisas e empregar esse tipo de aparelho, especialmente para pessoas ou organizações mais pobres.



Figura 3: XSens MVN Biomech™ - Exemplo de roupa com sensores inerciais

Os sensores inerciais conseguem adquirir dados do movimento humano através de *acelerômetros*, que adquire a aceleração do movimento, *giroscópios* para calcular a velocidade angular, e intensidade do campo magnético com o *magnetômetro*[26]. No caso destes sensores, o propósito do magnetômetro é corrigir um desvio na rotação do eixo vertical (*Yaw*)[27].

6 ESCOLHA DA FERRAMENTA(BENCHMARKING)

Como escolher o equipamento a ser usado é um tópico crítico, que serve de base para todo o desenvolvimento de uma solução para pacientes em reabilitação motora. Para se obter bons resultados, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos da ferramenta: *Preço; Qualidade da captura; Acessibilidade no mercado; e Custo-benefício.*

Comparar as ferramentas disponíveis atualmente umas com as outras é essencial para entender os pontos positivos e negativos de cada um. Esse procedimento de comparação é chamado de *Benchmarking*. Vital[21], por exemplo faz um **benchmarking** (vide tabela 4) dos aspectos principais das ferramentas disponíveis no mercado, comparando inclusive com sua solução proposta: o FatoXtract™.

Nome do Produto	Tipo	Taxa de aquisição	Nº de Indivíduos	Espaço de Trabalho	Custo
OptiTrack (para 72 Câmeras)	Marcadores Ativos	180	até 12	26x26x3 m	~1.300.000 R\$
Vicon (T-Series 160 - Para 24 câmeras)	Marcadores Passivos	120	até 6	9x9x5 m	~650.000
Microsoft Kinect V1	Câmera de Profundidade	30	até 2	2x3.5x2 m	~650 R\$
Microsoft Kinect V2 (iPi Biomech Add-on)	Câmera Time-of-Flight	30	até 6	3x4x2 m	~860 R (iPi Biomech 1733 R _{p/ano})
XSens MVN Awinda	Sensores Inerciais	60	1	-	~260.000 R\$
FatoXtract	Sensores Inerciais	100	1	-	~95.000,00 R\$

Tabela 4: Levantamento de Vital[21] sobre as ferramentas disponíveis.

Conforme a tabela 4, percebe-se inicialmente que as duas ferramentas com o menor preço são as versões 1 e 2 do Kinect, com um custo de R\$651,47 para a primeira versão e R\$868,62 para a segunda, mais recente. Em seguida, temos a solução apresentada pela autora, o FatoXtract, com um custo de aproximadamente R\$100.000(€22.875). O MVN Awinda™, da XSens, custa mais que o dobro do FatoXtract oferecendo uma menor taxa de aquisição de dados enquanto usa o mesmo tipo de tecnologia.

O FatoXtract é, das ferramentas de alto padrão de mercado propostas, a que possui menor

custo ainda resolvendo o problema de captura de movimentos. Contudo, as câmeras Kinect V1 e V2 possuem a capacidade de adquirir dados de movimento com precisão suficiente para suprir a necessidade da solução proposta, com um custo de menos de 10% do FatoXtract. Ainda assim, é uma ferramenta viável e com grande potencial de uso em pesquisas de fisioterapia e reabilitação de deficientes.

As câmeras Kinect V1 e V2, que possuem baixa diferença de preço entre cada uma, sendo a Kinect V2 a mais confiável e recente, usando tecnologia *time-of-flight* para mapear o corpo e garantindo melhor desempenho. A empresa responsável (Microsoft) oferece um *pacote de ferramentas de desenvolvedor*, também conhecido como *SDK*(Software Development Kit), permitindo que a ferramenta não seja usada apenas para MoCap, mas para tudo o que o desenvolvedor puder usufruir do aparelho.

Dutta[24] relata que o Kinect V2 possui precisão aceitável, porém inferior ao de um sistema Vicon em pelo menos um grau de magnitude. Também relata que alguns podem escolher sacrificar um pouco da precisão em troca da portabilidade. Outro ponto a ser levantado é a disponibilidade do Kinect, podendo ser adquirido *online* ou em lojas físicas com pouco esforço e poucos problemas de estoque ou entrega.

6.1 O FIM DO KINECT V2

Em outubro de 2017, a Microsoft anunciou a descontinuação da produção dos modelos de Kinect para Xbox One™[28] utilizados no aplicativo de reabilitação motora em que se baseia a produção do software a ser proposto neste trabalho. Contudo, o Kinect recebeu uma nova versão: O Azure Kinect, anunciado em fevereiro de 2019.

Ao contrário das versões anteriores, voltadas para jogos e entretenimento, o Azure Kinect é mais voltado para o setor de robótica; saúde; e logística, possuindo as mesmas capacidades de suas versões anteriores, mas contando também com um sensor de orientação e capacidade de se conectar com o sistema de armazenamento em nuvem da Microsoft, Azure. Considerando a continuidade e o novo direcionamento do Kinect pela Microsoft, será mantido o Kinect V2 no projeto original na Unreal, restando apenas o desenvolvimento da API de gerenciamento dos dados gerados.



Figura 4: Azure Kinect™

7 TRABALHOS RELACIONADOS

Vários pesquisadores já realizaram estudos na área da captura de movimentos. Muitos deles usam as ferramentas de captura de movimento para aplicações na área da saúde, e outros para soluções e automatização através do reconhecimento de gestos. Apesar de ser uma tecnologia consideravelmente recente, várias aplicações e pesquisas já foram feitas com ótimos resultados. O resultado de suas pesquisas foram trabalhos que geraram dados importantes para a criação deste artigo.

O uso crescente da tecnologia de captura de movimentos, como citado anteriormente, cresceu bastante desde suas primeiras aparições e disponibilizações para o público, especialmente na área de saúde e medicina. Com esse crescimento, um artigo de revisão se vê necessário para um melhor acompanhamento desses resultados obtidos na comunidade acadêmica e científica. Szykman, Gois e Brandão[4], Dehkordi, Ismail e Diah[6], e Gama et al.[5] realizaram pesquisas incluindo o uso do Kinect para reabilitação na área da fisioterapia, incluindo pacientes com autismo, paralisia cerebral, esclerose múltipla, e derrame, dentre outros.

7.1 ALMEIDA *ET AL.*

O projeto em Unreal que este trabalho visa estender é apresentado em 2019, como uma base com o Kinect visando facilitar o desenvolvimento de *exergames*: Jogos que visam que seu jogador realize movimentos para chegar a um objetivo. Jogos desse tipo utilizam a gamificação para manter o paciente entretido e reduzir a taxa de evasão dos pacientes dos tratamentos convencionais. A plataforma utiliza um corpo virtual que replica os movimentos do paciente e possui pré-configurados, um sistema de colisão e respostas de eventos, permitindo que o desenvolvedor associe a cada situação uma resposta adequada. O projeto é destinado a cadeirantes, possuindo compatibilidade com o Kinect mesmo com a presença da cadeira de rodas. No entanto, pode ser utilizada para pacientes que sofrem de várias outras condições que limitem seu movimento, como derrame, paralisia cerebral, distensões musculares, dentre outras.

7.2 VITAL *ET AL.*

Em 2015, Vital[21] realizou um trabalho em Coimbra para a obtenção do grau de mestre, onde propôs em sua pesquisa uma forma de identificar gestos humanos através do reconhecimento de movimentos capturados via computador. Para tal, em seu trabalho foi usado um sistema criado em uma *Startup*(empresas em fase inicial que desenvolvem serviços de inovação) da qual participou: o FatoXtract. Ele consiste em uma roupa especial para captura de movimentos, tal qual as roupas produzidas por empresas no mercado internacional, como Xsens, VICOM, e Optitrack. Porém, possui o diferencial de ter baixo custo em relação aos produtos disponíveis

nesse mercado. Sua função era adquirir métricas e grandezas em forma de dados para que o computador pudesse processá-los e então transformar em informação útil. Após adquirir os dados, eles são processados em algoritmos que usam Ângulos de Euler, Quaterniões, Aceleração e Velocidade Angulares, e a posição geométrica de cada sensor para gerar uma representação gráfica tridimensional do esqueleto humano.

O FatoXtract foi então usado em conjunto com um sistema baseado em rede neural para identificar, analisar, e catalogar um movimento. Juntamente a ele, foi utilizado o *Kinect V2*, o mesmo modelo usado neste trabalho, para fins de comparação. Em seu trabalho também é explicado as diferenças, vantagens, e desvantagens entre os diferentes métodos de captura, fazendo relações de vantagens e desvantagens entre o uso de marcadores ativos, marcadores passivos, câmeras RGB-D, e câmeras *time-of-flight* (tempo de voo). Para a realização do trabalho, Vital realizou uma série de análises e levantamento de dados sobre as tecnologias de captura de movimento que possibilitaram a seleção da ferramenta mais viável para a proposição deste projeto.

7.3 SZYKMAN ET AL.

Szykman, Gois e Brandão[4] exprime como os videogames se desviaram de não ser apenas aparatos para entretenimento, mas também valiosas ferramentas que, com o uso da NUI (Natural User Interface), poderiam ser usadas para combater e tratar condições metabólicas, neurológicas, e complicações vasculares. No trabalho, os autores se utilizam de um sistema de busca automática, além de pesquisa manual, para buscar artigos nas mais variadas plataformas científicas como Nature, PLOS, IEEE, PubMed, Elsevier, Xplore, Scopus, e ACM Digital Library. Com a busca, concluiu que pesquisas envolvendo o desenvolvimento de jogos para pessoas com deficiência está aumentando, além de reportar melhoras significativas no bem-estar dos pacientes e nos dados que os médicos conseguem obter para conduzir um melhor acompanhamento.

Um dos benefícios mais claros encontrados foi a motivação gerada pelos jogos e aplicativos que persistem durante o tratamento, onde muitos pesquisadores se aproveitam deste elemento como uma forma de potencializar o tratamento efetuado. Alguns pesquisadores concluíram que o feedback dado pelos pacientes quanto ao jogo reflete diretamente nos resultados. Outra informação relevante encontrada inclui a efetividade de sistemas NUI e uso apenas do corpo ser superior ao dos sistemas utilizando controles, podendo ser considerada um aspecto chave para uma boa reabilitação.

Szykman, Brandão e Gois[29], em 2018 desenvolveram um jogo utilizando design orientado a valores, onde a produção do jogo era feita ao lado de seu público-alvo, os cadeirantes. O design orientado a valores é uma forma de design que preza pelo bem-estar humano, dignidade e seus direitos. O jogo recebia dados utilizando o Kinect na diagonal para baixo, direcionado aos jogadores, e sobre um suporte para uma captura de movimento melhorada. Possui também como protagonista um cadeirante, algo que foi requisitado pelos próprios cadeirantes que auxiliaram no

desenvolvimento do jogo. Diversas fases com diferentes atividades eram executadas controlados pelos jogadores com gestos que os permitiam controlar o personagem do jogo. As fases continham mini-jogos de corrida, voo, e de interagir por uma casa. A imersividade foi bem aceita e o jogo teve resultados positivos quanto a satisfação e bem-estar dos pacientes.

7.4 DEHKORDI ET AL.

Dehkordi, Ismail e Diah[6] exploram o uso de aplicativos com Kinect, demonstrando em alguns dos resultados o sucesso do uso da ferramenta com pacientes com autismo, crianças com transtornos psicológicos ou emocionais e o monitoramento delas. A maioria dos estudos englobados na pesquisa se referem a estimular os movimentos físicos e habilidades motoras, alguns contando com algum tipo de reconhecimento de gesto para o funcionamento.

Dekhordi aponta que as pesquisas e suas implementações são em parte, empregadas em ambiente escolar ou em casa, mas que segundo os resultados obtidos, o uso do sistema Kinect também pode ser aplicado em vários outros meios, inclusive em hospitais e clínicas, onde novos aplicativos estão sendo desenvolvidos e testados. No entanto, algumas limitações quanto ao Kinect foram descobertas durante a análise. São elas:

- Limitação na captura de movimentos dos participantes devido a falta de espaço;
- A altura de participantes adultos e os objetos entre o jogador e o pesquisador ou o Kinect não permitem que o sistema detecte corretamente o movimento do participante;
- Sistemas Kinect não conseguem dar suporte a vários participantes com deficiência
- O sensor Kinect deve estar fixado em um lugar, e possui um alcance de por volta de dez metros, significando que o movimento deve ocorrer apenas em frente aos sensores.

No mais, o estudo comprova uma relação benéfica entre os sistemas com Kinect e jogos com treinamento, além de descobertas que sugerem facilidades para cuidadores como professores, terapeutas, médicos e familiares.

7.5 DUTTA ET AL.

Em seu trabalho, Dutta[24] faz uma análise e uma série de testes com o Kinect V2TM para avaliar sua performance e custo-benefício. Para tal, algumas adaptações foram necessárias para criar um ambiente controlado e checar seu desempenho sob certas condições, uma dessas alterações sendo a adição de um *cooler* de computador para controlar a temperatura do aparelho. Descobriu então, que o Kinect possui melhor desempenho quando resfriado[24].

Em sua análise, utilizou um sistema ViconTM como padrão ouro, isto é, o ótimo ou adequado; tendo como meta alcançar um patamar de comparação com o objeto escolhido.

Mesmo tendo desempenho pelo menos em um grau atrás do sistema Vicon[24], ainda produz resultados aceitáveis de variação similar. Compara-se também com o uso de softwares que processam imagens comuns de câmeras(imagens 2D), onde o Kinect se demonstra superior e facilita dramaticamente o trabalho manual em associar segmentos corporais a poses.

7.6 STEWARD *ET AL.*

Steward et al.[25] também realizou, em 2015, pesquisas sobre o uso do Kinect V2, onde iniciou motivado no potencial da plataforma superar muito em custo-benefício outros produtos similares disponíveis no mercado. Ele relata que infelizmente, o Kinect não foi feito com o intuito de ser utilizado para pesquisas, o manual técnico do aparelho não trazia informação sobre as características físicas do sensor e também que o sensor não possui um protocolo adequado de calibração, definindo a qualidade dos dados que podem ser adquiridos da plataforma de 'desconhecido'[25].

Steward et al.[25] também leva em consideração o tempo de *warm-up* do aparelho, isto é, o tempo que o aparelho leva para se auto-calibrar considerando sua temperatura interna e a dilatação de mecanismos em seu interior. A aquisição de dados de câmeras ToF(*Time-of-Flight*) é mais eficiente após o tempo do *warm-up*, com algumas leves flutuações. No caso do Kinect, as flutuações foram baixas, comparado às outras câmeras ToF. Essa característica pode ser devido ao sistema de ventilação interno do aparelho, visto que foi feito para uso doméstico e prolongado. Possivelmente foi parte do design e da engenharia da fabricante MicrosoftTM.

8 METODOLOGIA

Este trabalho busca produzir um software utilizando a plataforma Django e suas respectivas bibliotecas para programar em linguagem Python uma API (*Application programming interface* - Interface de programação de aplicações) que deverá realizar operações de aquisição, armazenamento, e requisição de dados obtidos do paciente. Juntamente à API, uma aplicação, também no mesmo projeto Django, deve ser criada como uma interface para navegação de seus usuários que desejem visualizar os dados.

A aquisição de dados deverá ser realizada através de uma aplicação pré-existente feita utilizando Unreal Engine 4.20 integrada juntamente ao Kinect V2 e seu adaptador para computadores. Esta aplicação é responsável por adquirir os dados de movimento do paciente e se comunicar com a API Django através do plugin VaREST para requisições, empacotamento, e envio dos dados em formato JSON. Para a criação de um software que cumpra com os objetivos propostos, um mecanismo de armazenamento e manipulação de dados se vê como peça-chave para seu funcionamento. Para alcançar tal funcionalidade, foi utilizado a plataforma Django juntamente ao plugin Django REST Framework para o desenvolvimento de um sistema que tenha a capacidade de funcionamento online.

Um sistema online possibilita uma rápida e prática análise dos dados do tratamento de qualquer lugar, seja pelo fisioterapeuta, ou pelo próprio paciente. Dependendo dos tipos de dados que forem obtidos durante a sessão, eles podem ser atualizados imediatamente após o término da sessão para consulta. Caso os dados sejam mais complexos ou precisem de um tratamento que leve mais tempo, o paciente pode ser informado e acessar os resultados *online* em casa. Para uma demonstração dos dados que o sistema pode gerenciar, este software inicialmente realizará o processamento dos dados obtidos do projeto anterior na Unreal[19], que será desenvolvida juntamente ao programa descrito neste trabalho. O software (chamado de 'KinectAPI') consiste de um projeto em Django com um único *app*, chamado 'kinect'

Utilizando o Django e o plugin Django REST Framework, é possível criar uma API capaz de criar, armazenar e exibir objetos personalizados num banco de dados. Isso quer dizer que podemos *abstrair* dados reais para uma forma que o sistema compreenda e tenha liberdade de manipular. Em Django, essas entidades são abstraídas para objetos de um *modelo*. Portanto, podemos pensar em um fisioterapeuta como um modelo de objeto que possui dados importantes do fisioterapeuta real. Este objeto teria, por exemplo, o nome do fisioterapeuta, sua clínica, seu CRM, e-mail, telefone para contato, dentre outros dados relevantes.

Assim como o fisioterapeuta, outras entidades precisam ser abstraídas para que possam ser armazenadas. Essas outras entidades também precisam ser relevantes no aspecto do tratamento do paciente. São elas:

- Fisioterapeuta;
- Paciente;
- Tratamento;
- Sessão do tratamento;
- Exercícios;
- Tempo.

Em Django, para a implementação dessa abstração, é necessário criar um *modelo* para cada uma dessas entidades. Com os modelos criados no arquivo 'models.py', o próprio Django gera o banco de dados automaticamente para uso imediato.

Os modelos, assim como nas entidades reais, possuem relacionamentos entre si. Por exemplo: Um tratamento é composto de um fisioterapeuta, um paciente, e possui uma série de sessões de um exercício. Todos esses relacionamentos devem estar representados e implementados conforme os casos reais. Esses relacionamentos podem ser vistos com mais facilidade no *diagrama de classes*:

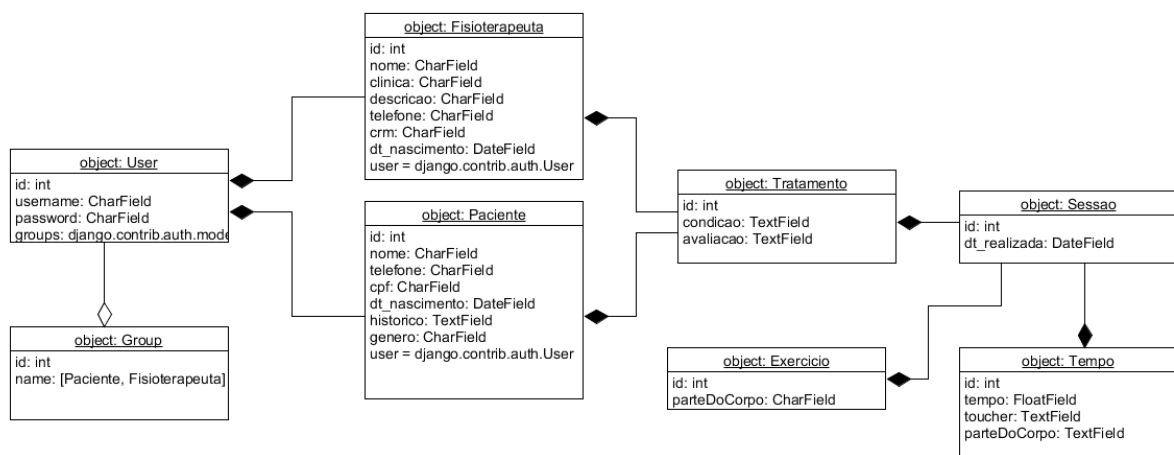


Figura 5: Diagrama de Classe

Tendo agora todos os modelos postos e associados de acordo com sua necessidade, agora resta a criação e a manipulação desses dados. Para o registro correto dos objetos, é necessária uma interface inicial para que possam ser criadas. Isso pode ser feito através dos *Forms* (Formulários) do Django, associado a uma *View* e um template de site em HTML.

Views no Django são responsáveis por gerenciar requisições para o software e suas respostas para cada. Nesse caso, ela exibe o site com o dados a serem preenchidos pelo usuário, e ao enviar, adquire e processa adequadamente os dados recebidos. Com isso, podemos criar uma tela para que o usuário se cadastre, seja ele um paciente ou um fisioterapeuta.

KinectRehabAPI

Você não está logado.

- [Sou Fisioterapeuta\(Novo\)](#)
- [Sou Paciente\(Novo\)](#)

Cadastrar Fisioterapeuta

Nome*

Sobrenome*

Clínica*

Figura 6: Tela de cadastro

Assim como a tela de cadastro, uma tela de login foi implementada. Com os usuários registrados, é necessário dar a eles ações que possam ser realizadas com os dados. Dentre essas ações, deve estar contemplado também o registro dos objetos subsequentes, *exercício* e *tratamento*. E englobando todas as ações necessárias, é possível criar um *diagrama de casos de uso*:

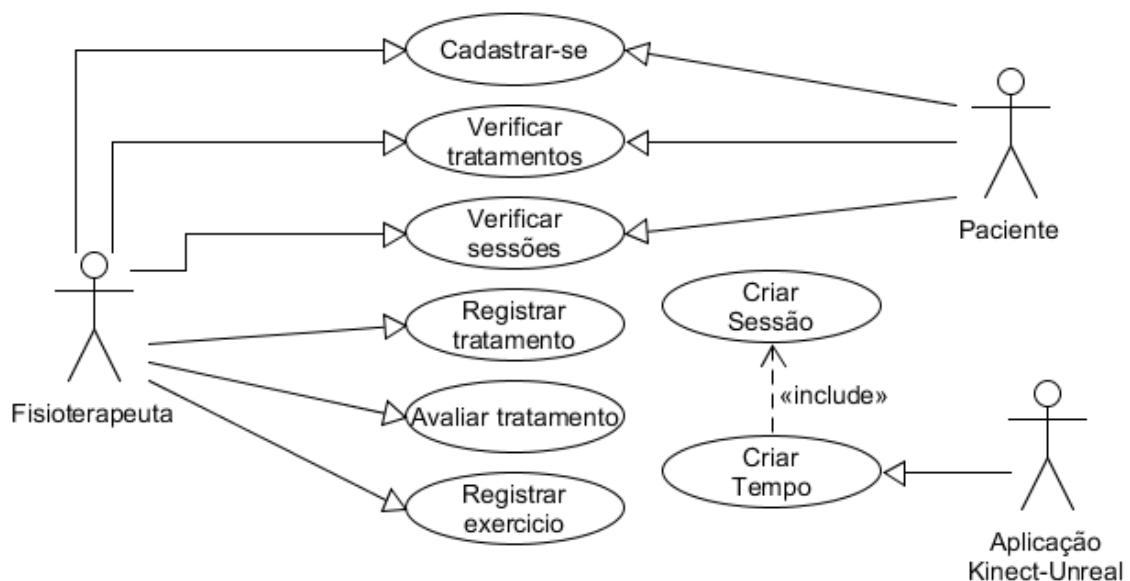


Figura 7: Diagrama de Casos de Uso

O fisioterapeuta deve ser capaz de realizar todas as operações necessárias antes do uso do aplicativo na Unreal. Portanto, ele deve primeiro registrar o tratamento, com todos os dados necessários, incluindo a *id* do paciente (podendo também selecioná-lo em uma lista de pacientes) e o prognóstico do problema que deverá ser solucionado. Após o registro do tratamento, o aplicativo Unreal poderá ser utilizado.

Para a realização do exercício no aplicativo, o fisioterapeuta deve primeiramente inserir seu usuário e senha juntamente com o código do tratamento registrado. Desta forma, não é necessário inserir dados do paciente ou escrever sobre o prognóstico, todos esses dados foram inseridos e processados previamente. Assim que o fisioterapeuta insere os dados necessários, ele é levado a uma tela de menu, onde o exercício correspondente pode ser selecionado.

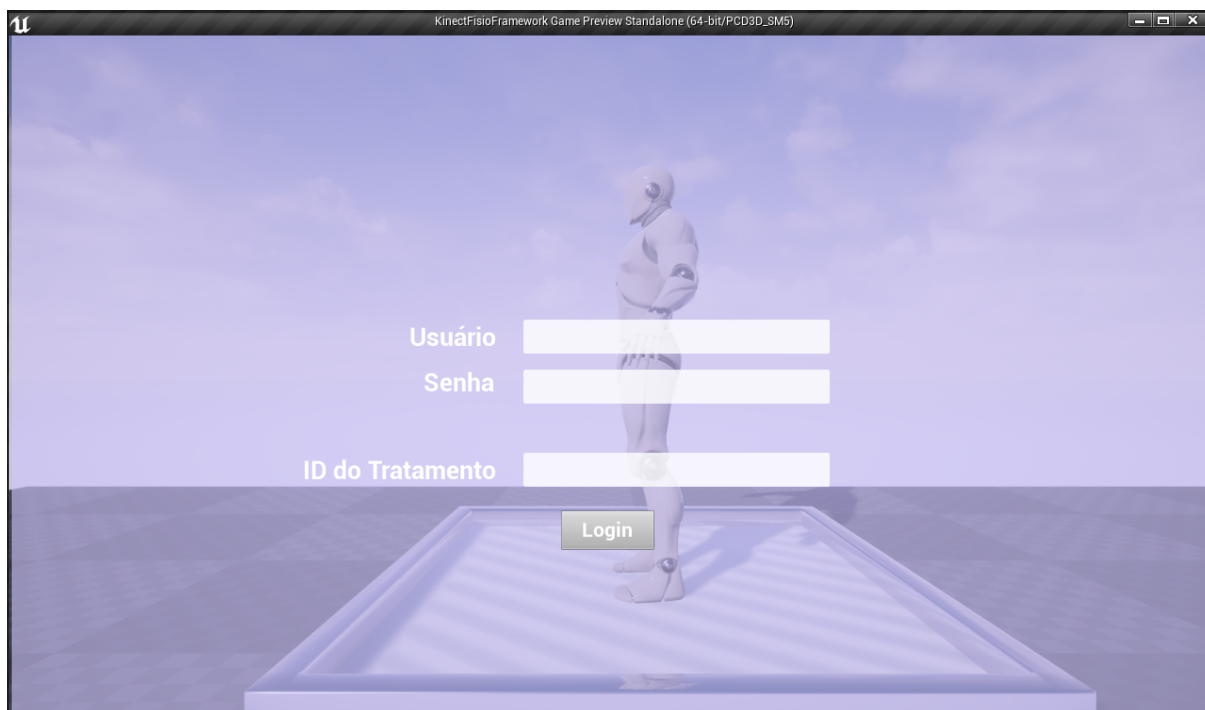


Figura 8: Tela de Login

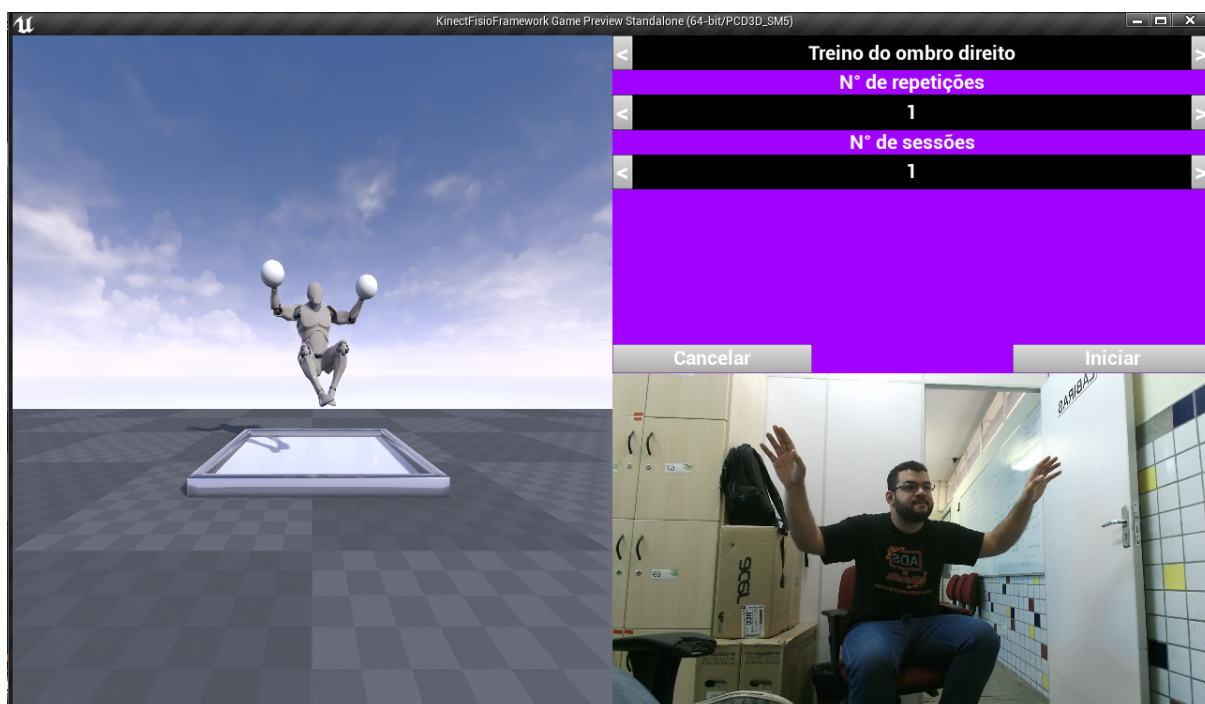


Figura 9: Tela de seleção de exercício

Toda operação envolvendo transferência de dados entre o aplicativo na Unreal e a API Django é realizada através de *requisições JSON*. A API possui uma série de endereços URL onde o aplicativo pode fazer estas requisições para realizar uma operação desejada. Ao executar o login, por exemplo, as credenciais obtidas são registradas e enviadas para a API. Ela então verifica as credenciais informadas e, caso autorizadas, retorna um *Token*. Esse token é armazenado para que possa ser utilizado no lugar do usuário e senha nas operações subsequentes.

Assim que o exercício é selecionado, uma *sessão* é criada e atribuída ao tratamento cujo id foi fornecido, juntamente com a data, hora, e nome do exercício. Os *tempos* são enviados cada vez que o paciente toca em um objeto quando lhe é pedido. No aplicativo em Unreal, o exercício é realizado a partir de uma série de objetos estáticos flutuando sobre o paciente, todos de coloração semi-translúcida, que se tornam dourados quando o paciente deve se movimentar e esticar o corpo para alcançá-los. Apenas um dos objetos é ativado e se torna dourado por vez. No momento do toque, o nome do objeto tocado, assim como o membro utilizado para tocar são enviados ao banco de dados. Assim como o login, a criação da sessão e o registro dos tempos também são requisições com JSON.

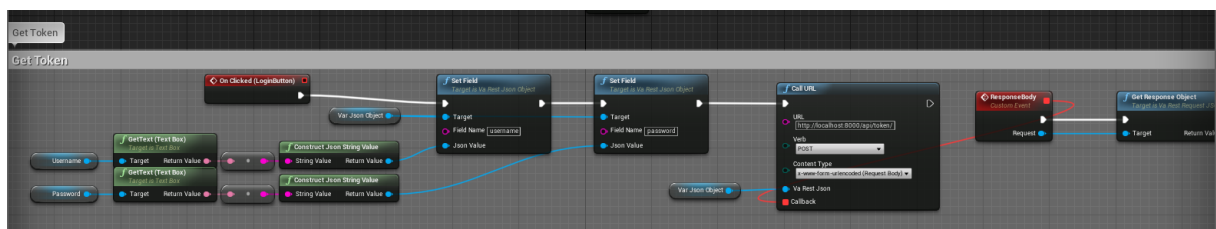
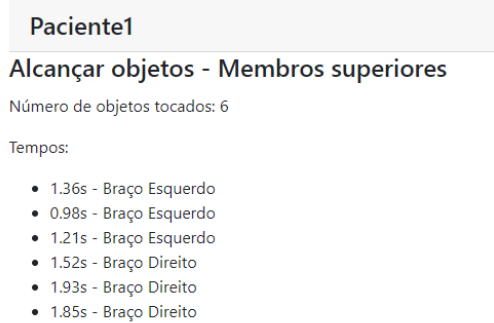


Figura 10: Blueprint na Unreal para requisição de login utilizando JSON

Com a interação entre os dois sistemas implementada, resta agora criar uma interface para que os usuários possam ver os dados adquiridos, e no caso do fisioterapeuta, criar e gerenciar esses dados. Na própria API Django é possível fornecer essa interface da mesma forma que o do cadastro. Uma *view* é criada para gerenciar cada operação feita. Ao realizar o log-in, o usuário deve ter disponíveis as operações em um menu de acordo com seu tipo: Fisioterapeuta ou Paciente.

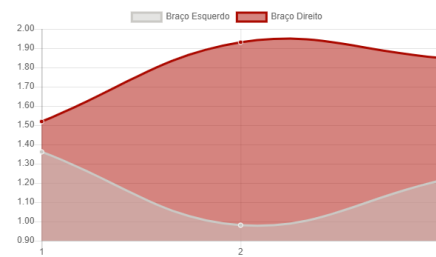
O paciente pode verificar seus tratamentos em uma lista, e verificar cada sessão de exercícios, do mesmo ponto de vista do fisioterapeuta. O fisioterapeuta dispõe-se mais operações, como registrar um tratamento, adicionar uma avaliação a um tratamento, registrar um novo exercício, dentre outras vistas no diagrama de caso de uso (Figura 7). Após selecionar um tratamento, informações sobre ele podem ser vistas na tela tanto como uma pequena tabela ordenada com o tempo levado para realizar a ação do exercício e o membro utilizado.

Detalhes da Sessão:



(a) Tabela de tempos

Gráfico de tempo por parte do corpo:



(b) Gráfico de rendimento por parte do corpo

Figura 11: Tela de detalhes da sessão

Assim como nos detalhes da sessão, um gráfico também é mostrado ao selecionar um tratamento, com os dados do rendimento por sessão. Todos os gráficos são gerados utilizando a extensão Graph.js, possibilitando a geração automática de um gráfico interativo utilizando a linguagem JavaScript. Estes gráficos podem exibir ou omitir informações de acordo com a necessidade de seu usuário. Então, caso o usuário deseje, apenas uma ou todas as sessões podem ser exibidas ao mesmo tempo.

Gráfico de tempo por sessão:

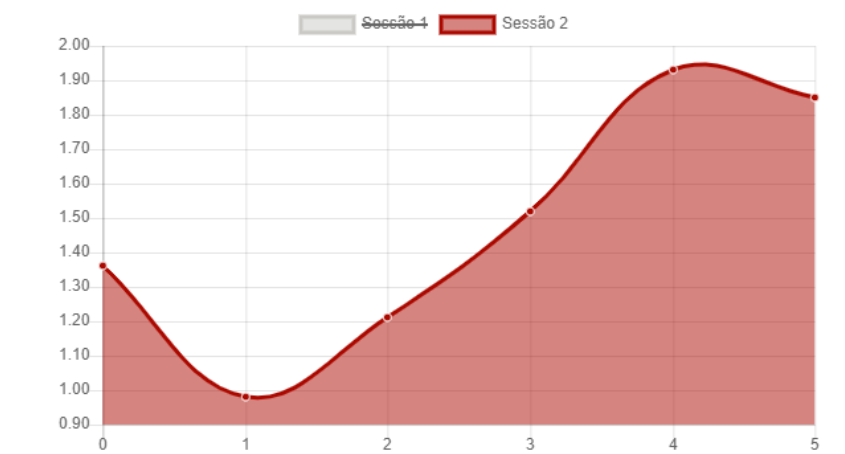


Figura 12: Gráfico de rendimento por sessão

9 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos da integração entre as duas plataformas, é possível demonstrar a capacidade de ambos os sistemas de se comunicar e trocar informações entre si, possibilitando a aquisição de dados do movimento do paciente através da aplicação Unreal e o processamento e exibição dos dados obtidos utilizando um sistema em Django. Além de se comunicar e receber informações do aplicativo, a API também é capaz de utilizar de sistemas gráficos e tabelas para a exibição adequada dos dados, facilitando e garantindo um melhor e mais rápido entendimento tanto por parte do fisioterapeuta encarregado, quanto do paciente que deseja checar seu próprio rendimento.

Também é possível observar na prática, com os resultados obtidos, as possibilidades e benefícios que o uso da biotelemetria pode trazer para pesquisas de reabilitação motora em ambiente virtual. Pesquisas utilizando o Kinect como ferramenta para o auxílio dessa reabilitação existem desde sua primeira versão, como o trabalhado por Balista[30]. Contudo, trabalhos voltados para a aquisição dos dados do paciente com estes aplicativos que utilizam o Kinect são mais escassos. Um exemplo de projeto encontrado que utilize esses dados é o realizado por Liang et al.[31], que analisa os dados do esqueleto digital gerado pelo Kinect. O projeto apresentado neste trabalho, no entanto, busca criar uma plataforma acessível e de fácil entendimento destes dados, disponibilizando-os para os envolvidos no tratamento.

9.1 TESTES COM CADEIRANTES

Conforme dito por Silva, Lima e Carvalho[32] em seu artigo de revisão, um problema comum visto em diversos trabalhos relacionados à reabilitação motora com Kinect é a falta de testes reais com pacientes. Contudo, para testes efetivados e protocolados de forma correta, é necessário a aprovação e o acompanhamento do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com seres humanos e estarem de acordo com as diretrizes éticas internacionais (Declaração de Helsinque, Diretrizes Internacionais para as Pesquisas Biomédicas envolvendo Seres Humanos – CIOMS) e Brasileiras (Resolução CNS 466/12 e complementares). Para a efetivação desse processo de acompanhamento, é necessário um extenso processo que leva meses para ser feito até os procedimentos de teste.

Dito isso, durante o desenvolvimento do projeto, os objetivos e protótipos foram entregues e testados com uma pessoa, cadeirante e profissional da fisioterapia. Durante os testes, os protocolos de exercícios foram apresentados e a proposta de aquisição de dados validada, além de participar de sessões de exercícios propostos. Contudo, para uma pesquisa mais extensa e com dados mais concisos, é necessário a presença de mais profissionais fisioterapeutas e de cadeirantes voluntários, que requer novamente a presença do Comitê de Ética em Pesquisa.

9.2 TRABALHOS FUTUROS

Com ambos os sistemas funcionais em mãos, resta, além da pesquisa e testes com cadeirantes, a extensão dos exercícios a serem utilizados e sua aplicação em diferentes partes do corpo, e diferentes ambientes. Outro progresso a ser implementado no projeto é a expansão dos dados obtidos via biotelemetria e de seu processamento, podendo se estender desde a frequência cardíaca do paciente até a obtenção do ângulo de membros de interesse.

Outra implementação necessária é o uso experimental direto do sistema em ambiente hospitalar e em clínicas fisioterapêuticas, para uma melhor análise dos pontos fortes e fracos do sistema e suas devidas correções. Com as devidas alterações feitas, o sistema deve ser testado novamente até que esteja pronto para uso real em clínicas de reabilitação.

REFERÊNCIAS

- 1 CUMMINGS, A. H. The evolution of game controllers and control schemes and their effect on their games. In: *The 17th annual university of southampton multimedia systems conference*. [S.l.: s.n.], 2007. v. 21. Citado na página 11.
- 2 HERZ, N. B. et al. Nintendo wii rehabilitation (“wii-hab”) provides benefits in parkinson’s disease. *Parkinsonism & related disorders*, Elsevier, v. 19, n. 11, p. 1039–1042, 2013. Citado na página 11.
- 3 MARTIN-SANJOSE, J.-F. et al. Advanced displays and natural user interfaces to support learning. *Interactive Learning Environments*, Taylor & Francis, v. 25, n. 1, p. 17–34, 2017. Citado na página 11.
- 4 SZYKMAN, A. G.; GOIS, J. P.; BRANDÃO, A. L. A perspective of games for people with physical disabilities. In: *ACM. Proceedings of the Annual Meeting of the Australian Special Interest Group for Computer Human Interaction*. [S.l.], 2015. p. 274–283. Citado 3 vezes nas páginas 11, 24 e 25.
- 5 GAMA, A. D. et al. Motor rehabilitation using kinect: a systematic review. *Games for health journal*, Mary Ann Liebert, Inc. 140 Huguenot Street, 3rd Floor New Rochelle, NY 10801 USA, v. 4, n. 2, p. 123–135, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 24.
- 6 DEHKORDI, S. R.; ISMAIL, M.; DIAH, N. M. A review of kinect computing research in education and rehabilitation. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, Science Publishing Corporation Inc, v. 7, n. 3, p. 19–23, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 11, 24 e 26.
- 7 ROBERTSON, C. et al. Mixed reality kinect mirror box for stroke rehabilitation. In: *IEEE. 2013 28th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ 2013)*. [S.l.], 2013. p. 231–235. Citado na página 11.
- 8 HSIEH, W.-M. et al. Virtual reality system based on kinect for the elderly in fall prevention. *Technology and health care*, IOS Press, v. 22, n. 1, p. 27–36, 2014. Citado na página 11.
- 9 DUKES, P. S. et al. Punching ducks for post-stroke neurorehabilitation: System design and initial exploratory feasibility study. In: *IEEE. 2013 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*. [S.l.], 2013. p. 47–54. Citado na página 11.
- 10 NAZIRZADEH, M. J.; ÇAGILTAY, K.; KARASU, N. Developing a gesture-based game for mentally disabled people to teach basic life skills. *International Association for Development of the Information Society*, ERIC, 2017. Citado na página 11.
- 11 ESTATÍSTICA, I. I. B. de Geografia e. Censo brasileiro de 2010. 2010. Citado na página 12.
- 12 PEREIRA, L. M. F. et al. Acessibilidade e crianças com paralisia cerebral: a visão do cuidador primário. *Fisioterapia em movimento*, v. 24, n. 2, 2017. Citado na página 12.
- 13 COSTA, N. et al. Design of human-friendly powered lower limb rehabilitation orthosis. In: *Workshop on Human Adaptive Mechatronics*. [S.l.: s.n.], 2005. p. 69–75. Citado na página 12.

- 14 HAMARI, J. et al. Does gamification work?-a literature review of empirical studies on gamification. In: *HICSS*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 14, n. 2014, p. 3025–3034. Citado na página 13.
- 15 GERLING, K. M.; KALYN, M. R.; MANDRYK, R. L. Kinect wheels: wheelchair-accessible motion-based game interaction. In: *ACM. CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.], 2013. p. 3055–3058. Citado na página 13.
- 16 COOKE, S. J. et al. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in ecology & evolution*, Elsevier, v. 19, n. 6, p. 334–343, 2004. Citado na página 13.
- 17 KIM, Y.; CHO, J. M. Development of wireless bio-telemetry system using fm stereo method for exercising rehabilitation patients. In: *IEEE. 2001 Conference Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. [S.l.], 2001. v. 4, p. 3338–3340. Citado na página 13.
- 18 PENHAKER, M. et al. Homecare—smart embedded biotelemetry system. In: *SPRINGER. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006*. [S.l.], 2007. p. 711–714. Citado na página 13.
- 19 ARAÚJO P.R. FERREIRA, J. A. F. Almeida de. A new approach of developing games for motor rehabilitation using microsoft kinect. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 28.
- 20 GIL, J. A. N. Medição e avaliação em fisioterapia. *Saúde & Tecnologia*, n. 6, p. 5–9, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.
- 21 VITAL, J. P. M. *Análise do movimento humano: classificação temporal de ações humanas*. Tese (Doutorado), 2015. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/15301>>. Citado 7 vezes nas páginas 16, 17, 18, 19, 20, 22 e 24.
- 22 ROTHSTEIN, J. M. et al. Standards for tests and measurements in physical therapy practice. *Physical therapy*, Oxford University Press, v. 71, n. 8, p. 589–622, 1991. Citado na página 16.
- 23 MUTTO, C. D.; ZANUTTIGH, P.; CORTELAZZO, G. M. *Time-of-flight cameras and microsoft kinect (TM)*. [S.l.]: Springer Publishing Company, Incorporated, 2012. Citado na página 20.
- 24 DUTTA, T. Evaluation of the kinect™ sensor for 3-d kinematic measurement in the workplace. *Applied ergonomics*, Elsevier, v. 43, n. 4, p. 645–649, 2012. Citado 4 vezes nas páginas 20, 23, 26 e 27.
- 25 STEWARD, J. et al. Performance assessment and calibration of the kinect 2.0 time-of-flight range camera for use in motion capture applications. *FIG Working week 2015*, p. 1–14, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 20, 21 e 27.
- 26 CHEN, X. Human motion analysis with wearable inertial sensors. 2013. Citado na página 21.
- 27 ZIHAJEHZADEH, S.; PARK, E. J. A novel biomechanical model-aided imu/uwb fusion for magnetometer-free lower body motion capture. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, IEEE, v. 47, n. 6, p. 927–938, 2016. Citado na página 21.
- 28 WIKIPEDIA - Kinect. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>>. Accessed: 2019-11-01. Citado na página 23.

- 29 SZYKMAN, A. G.; BRANDÃO, A. L.; GOIS, J. P. Development of a gesture-based game applying participatory design to reflect values of manual wheelchair users. *International Journal of Computer Games Technology*, Hindawi, v. 2018, 2018. Citado na página 25.
- 30 BALISTA, V. G. Sistema de realidade virtual para avaliação e reabilitação de déficit motor. *Proceedings do XII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital*, p. 16–18, 2013. Citado na página 34.
- 31 LIANG, J. et al. Data analytics framework for a game-based rehabilitation system. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Digital Health Conference*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 67–76. Citado na página 34.
- 32 SILVA, M. A. S. R. da; LIMA, E. V. de; CARVALHO, F. A. S. de. A relevância do tempo de reação em modalidades esportivas. 2007. Citado na página 34.