

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GABRIEL LADEIA DE SOUZA COSTA

**VICTUS VR: UMA APLICAÇÃO DE
REALIDADE VIRTUAL PARA
ESTÍMULO E SUPORTE
À RECUPERAÇÃO DE INDIVÍDUOS
AMPUTADOS DE MEMBROS
INFERIORES**

**Bagé
2018**

GABRIEL LADEIA DE SOUZA COSTA

**VICTUS VR: UMA APLICAÇÃO DE
REALIDADE VIRTUAL PARA
ESTÍMULO E SUPORTE
À RECUPERAÇÃO DE INDIVÍDUOS
AMPUTADOS DE MEMBROS
INFERIORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Bacharelado em Engenharia de
Computação como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de
Computação.

Orientador: Érico Marcelo Hoff do Amaral
Co-orientador: Julio Saraçol Domingues Júnior

**Bagé
2018**

— Costa, Gabriel Ladeia de Souza

Victus VR: Uma Aplicação de Realidade Virtual Para Estímulo e Suporte à Recuperação de Indivíduos Amputados de Membros Inferiores / Gabriel Ladeia de Souza Costa. – junho, 2018.

94 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Engenharia de Computação, 2018.

“Orientação: Érico Marcelo Hoff do Amaral; Co-orientação: Julio Saraçol Domingues Júnior”.

1. Jogo Sério. 2. Motivação. 3. Teoria da Auto Determinação. 4. Gamificação. 5. Pacientes Amputados. 6. Reabilitação Física. I. Título.

GABRIEL LADEIA DE SOUZA COSTA

**VICTUS VR: UMA APLICAÇÃO DE RE-
ALIDADE VIRTUAL PARA ESTÍMULO
E SUPORTE À RECUPERAÇÃO DE
INDIVÍDUOS AMPUTADOS DE MEM-
BROS INFERIORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Bacharelado em Engenharia de
Computação como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de
Computação.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 07 de julho de 2018.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Érico Marcelo Hoff do Amaral
Orientador

Prof. Dr. Bruno Silveira Neves
Universidade Federal do Pampa

Prof. Msc. Gerson Alberto Leiria Nunes
Universidade Federal do Pampa

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, à minha família por todo apoio dado durante esses anos de curso, sem esse alicerce eu não teria alcançado meus objetivos. Também sou grato aos meus amigos e à minha namorada pelo carinho e suporte encarados nessa jornada. Agradeço também aos orientadores e colegas do Planetário da Unipampa que agregaram muitos valores a minha formação, não só acadêmica como pessoal. Por fim agradeço aos professores orientadores e aos colegas de trabalho do Grupo de Informática Médica que foram essenciais para a realização desse trabalho.

“Todo conhecimento é autoconhecimento.”

— Boaventura de Sousa Santos

RESUMO

O presente estudo aborda o processo de desenvolvimento e aplicação de uma ferramenta tecnológica para auxiliar o tratamento de indivíduos amputados do membro inferior. Essa ferramenta consiste em uma plataforma em software e hardware que compõem um jogo sério controlado por sensores distribuídos em uma bicicleta ergométrica. O jogo sério também é capaz de monitorar informações clínicas, tem o caráter motivacional e foi desenvolvido com base em técnicas de incentivo conceituadas nas áreas de jogos e psicologia. Com base na Teoria da Autodeterminação, Teoria do Flow, Gamificação e um sistema de Ajuste Dinâmico de Dificuldade o Victus VR, como foi batizada a ferramenta, viabiliza uma maior motivação e engajamento durante o processo de reabilitação física de amputados. Esta pesquisa foi baseada em um trabalho previamente desenvolvido, a ferramenta Victus, que consiste em uma plataforma de monitoramento e tratamento de dados clínicos, também em pacientes amputados do membro inferior, que tem como principal objetivo a análise clínica mais precisa do progresso dos indivíduos no processo de reabilitação. Por tanto, as ferramentas Victus e Victus VR podem ser classificadas como complementares. Estas pesquisas foram desenvolvidas pelo Grupo de Informática Médica da Universidade Federal do Pampa e conta com o apoio de profissionais de fisioterapia do Serviço de Reabilitação Física de Bagé. A ferramenta foi testada em pacientes ***Falta complementar falando dos testes e resultados

Palavras-chave: Jogo Sério. Motivação. Teoria da Auto Determinação. Gamificação. Pacientes Amputados. Reabilitação Física.

ABSTRACT

The present study reports the process of development and application of a tool that is proposed to assist the treatment of amputees of the lower limb. The system is based on a previously built platform, Victus, which monitors, through sensors, patient's clinical data, treats them and displays graphically on a monitor, during the time of a physiotherapy session consisting of exercises on a bicycle exercise. The tool developed here is a serious game, called Victus VR, based on Gamification techniques based on the Self-Determination Theory, controlled by Victus sensors, which aims to engage and stimulate patients in the physical rehabilitation process and, in the future, analyze the impact of this technique on patient recovery. The research has the support of physiotherapists of the Physical Rehabilitation Service of Bagé and is part of the Medical Informatics Group of Unipampa. The game has been tested and, despite being in early development, has shown promise. An amputated patient has already used the tool and referred to the tool as an exciting experience. It is still not possible to measure the usefulness of the tool in terms of its final objective, but it is studied methods of software improvement as well as techniques that would better validate the game and the few tests made indicate the feasibility of completing the research.

Keywords: Serious Game, Motivation, Selfdetermination Theory, Gamification, Amputee, Physical Rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ilustração dos principais níveis de amputação do membro inferior.	17
Figura 2 Próteses para diferentes níveis de amputação do membro inferior.....	18
Figura 3 Continuum de motivação autodeterminada.	21
Figura 4 Representação gráfica dos estados relacionados a níveis de habilidade com desafios propostos.	22
Figura 5 Representação gráfica do Círculo Mágico.....	24
Figura 6 À esquerda o modelo conceitual do sistema com seus elementos; à direita o Running Wheel em funcionamento.	31
Figura 7 À esquerda o cenário com elementos visuais; à direita o avatar em ação com os dados exibidos e mensagem motivacional.....	31
Figura 8 Disposição do ambiente de jogo do CyberCycle.....	33
Figura 9 Disposição do ambiente de coletas: (1) projeção do jogo, (2) sensor Kinect, (3) notebook, (4) retroprojetor.....	34
Figura 10 Interação entre usuário e jogo.....	35
Figura 11 (a) Menu do Jogo; (b) Piano Game; (c) Reach Game; (d) Grab Game; (e) Pinch Game; (f) Flip Game.	37
Figura 12 Esquema de funcionamento do victus.	41
Figura 13 Interface gráfica do usuário do Victus.	41
Figura 14 Aplicação do Victus com paciente.....	42
Figura 15 Sequência de atividades da pesquisa.	44
Figura 16 Representação do fluxo de informação.....	46
Figura 17 Tela de uma partida do Victus VR.....	46
Figura 18 Diagrama de Navegação de Telas.	47
Figura 19 Caso de uso fisioterapeuta e paciente como atores.....	48
Figura 20 Caso de uso do subsistema principal, a partida.	49
Figura 21 Ambiente de Desenvolvimento Unity.....	49
Figura 22 Sensores utilizados	51
Figura 23 Ambiente de teste: 1-Projeção; 2-Computador; 3-Arduino Mega2560; 4-Sensor de BPM; 5-Sensor Hall; 6-Projetor; 7-Sensor EMG	52
Figura 24 Comunicação efetuada através do <i>framework</i> NET 2.0	52
Figura 25 Diagrama com as relações das tabelas na base de dados utilizando Work-bench	53
Figura 26 À esquerda, os elementos destacados no cenário que podem ser utilizados como pontos de referência para objetivos mentais, à direita elementos da interface gráfica do usuário	54
Figura 27 Barreiras utilizadas no sistema DDA.....	55
Figura 28 Barreiras utilizadas no sistema DDA.....	56
Figura 29 Cálculo da distância do objetivo proposto no DDA.	56
Figura 30 À esquerda, a fonte de áudio e o seu alcance no cenário. À direita, as opções de manipulação do AudioSource.	58
Figura 31 Sequência de testes.	59
Figura 32 Registro de teste com paciente amputado.....	60
Figura 33 Média de respostas do questionário.....	61
Figura 34 Resposta média dos fisioterapeutas	62
Figura 35 Gráfico de amostras parciais de velocidade.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Quadro comparativo dos conceitos de jogos e seus elementos.	26
Tabela 2 Comparação entre a Solução Victus VR e as Trabalhos Correlatos.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM	Batimentos por Minuto
CF	Coeficiente Funcional
EMG	Eletromiografia
DDA	<i>Dynamic Difficulty Adjustment</i>
GIM	Grupo de Informática Médica da Unipampa
HUD	<i>Heads-up Display</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMMS	<i>Instructional Materials Motivation Survey</i>
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial de Saúde
RV	Realidade Virtual
SRF	Serviço de Reabilitação Física
TAD	Teoria da Autodeterminação
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
UNIPAMPA	Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problema de Pesquisa	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Organização do Texto	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Amputação.....	16
2.2 Motivação.....	19
2.3 Jogos, Gamificação e Jogos Sérios	23
2.4 Realidade Virtual	27
2.5 Informática Médica	28
2.6 Microcontroladores.....	29
2.7 Trabalhos Correlatos	30
2.7.1 Running Wheel	30
2.7.2 CyberCycle	32
2.7.3 Ikapp	33
2.7.4 Jogo Para Reabilitação de Cadeirantes	35
2.7.5 Upper Limb Rehabilitation Game.....	36
2.7.6 Considerações Finais	37
2.8 Projeto Victus	40
3 METODOLOGIA	43
4 PROJETO - VICTUS VR.....	45
4.1 Descrição.....	45
4.2 Modelagem e Concepção	47
4.3 Desenvolvimento.....	48
4.4 Teste e Validação	58
5 RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICE A — DOCUMENTO DE REQUISITOS E DESCRIÇÃO TEX- TUAL DO SOFTWARE	68
APÊNDICE B — SPRINTS	73
APÊNDICE C — CASOS DE USO.....	75
APÊNDICE D — GAME DESIGN DOCUMENT	77
APÊNDICE E — PLAYTEST - VICTUS VR	83
APÊNDICE F — QUESTIONÁRIO DO COEFICIENTE FUNCIONAL.....	86
APÊNDICE G — FLOW	89
APÊNDICE H — QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO - FISIOTERAPEUTAS....	91
APÊNDICE I — PROTOCOLO DE EXPERIMENTO.....	93

1 INTRODUÇÃO

Segundo Jesus-Silva et al. (2017) a técnica de amputação é uma das mais antigas da área médica e significa cortar total ou parcialmente, de forma cirúrgica, uma extremidade do corpo humano. O panorama populacional do Brasil apresenta que das 13,2 milhões de pessoas que declararam apresentar algum tipo de deficiência motora no país, 470 mil sofreram amputações, segundo dados do Censo divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, e calcula-se que a ocorrência anual de amputações seja, em média, de 13,9 a cada 100 mil habitantes. Dentro desse cenário Jesus-Silva et al. (2017) também salienta que as amputações de membros inferiores correspondem a 85% do total e, geralmente, demandam mais atenção no processo de reabilitação pois eventualmente comprometem a autonomia do indivíduo.

O tratamento de pacientes amputados consiste, principalmente, no processo de reabilitação que visa, segundo Barbanti (2003), a recomposição do estado físico, psicológico, laboral e social de forma satisfatória. Devido à essas particularidades, o MS (Ministério da Saúde, 2013) enfatiza em suas Diretrizes de Atenção à Pessoa Amputada, que a reabilitação deverá contar com uma equipe multiprofissional que deve dispor de diversos profissionais da saúde, inclusive psicólogo.

A fisioterapia e o processo de reabilitação física são métodos vagarosos, demandam uma sequência de exercícios repetitivos e apresentam resultados cada vez menor à medida que o paciente vai obtendo progresso. Esses fatores fazem do tratamento um procedimento cansativo e, consequentemente, levam a casos de desistência e depressão Cataldi (2017).

Silva (2006) identifica diferentes mazelas psicológicas enfrentadas por amputados, muitas ligadas ao sentimento de incapacidade, de inferioridade, de exclusão social e relacionadas à autoimagem. Esses apontamentos evidenciam fatos que afetam a motivação do indivíduo em todo o processo de reabilitação física e, nesse contexto, recomenda-se uma atenção especial aos aspectos psicológicos do paciente com o propósito de mantê-lo estimulado.

A literatura é congruente ao apontar a necessidade da atuação de uma equipe multidisciplinar para no tratamento de pessoas amputadas. A Informática Médica é definida por Blois e Shortliffe (1990) como o campo de estudo de recursos aplicados a informação biomédica, incluindo a computação médica e o próprio estudo da natureza dos dados clínicos. A atuação da Informática Médica na reabilitação física de amputados pode ser

considerada muito tímida. A partir disso pode-se levantar o questionamento: É possível a Informática Médica atuar de forma significativa no tratamento de pessoas amputadas? Esta indagação é um dos incentivos do Grupo de Informática Médica (GIM) da Universidade Federal do Pampa a produzir conhecimento nesse setor.

Uma das pesquisas desenvolvidas pelo GIM é o desenvolvimento da plataforma de coleta e tratamento de dados de pacientes amputados durante sessões de reabilitação física, realizadas em uma bicicleta ergométrica. Esta ferramenta foi batizada de Victus e permite auxiliar o fisioterapeuta no acompanhamento da evolução do paciente, em processo de reabilitação, fornecendo informações precisas sobre seu desempenho. A plataforma Victus não tem como foco o fator motivacional do paciente amputado, então, a partir desta realidade, surgiu a proposta de aprimoramento da ferramenta Victus com um novo módulo que abordasse diretamente o aspecto motivacional do paciente.

Na literatura, uma das teorias mais influentes que abordam a motivação é a Teoria da Autodeterminação (TAD). A TAD diz que há duas vertentes de motivação, basicamente, a motivação intrínseca, onde o indivíduo é altamente autodeterminado e pratica atividades por prazer, e a motivação extrínseca, que é quando ele se engaja em alguma tarefa com intenção de receber uma recompensa ou outros estímulos externos (DECI; RYAN, 2002). Como mecanismo para colocar em prática o estímulo aos diversos aspectos apontados pela TAD pode-se combinar uma técnica conhecida como *Gamification* ou Gamificação. A gamificação pode ser definida como uma integração de elementos de jogos, como a dinâmica e hierarquia, à uma situação ou cenário que não envolve jogo (JOHNSON L., 2014). No contexto dos jogos, existem diversos benefícios na utilização dessa abordagem. Segundo Bernardes e Linden (2017), as pessoas participam de jogos voluntariamente, sem influências externas. Eles estimulam as emoções dos indivíduos e são capazes de diminuir o medo pois criam um ambiente seguro que encoraja o jogador a explorar seus medos e, assim, não se omitir diante deles.

Outra teoria conceituada que aborda a motivação é a Teoria do Flow (CSIKSZENTMIHALYI, 1990). Criada para entender um estado de total motivação de um indivíduo, caracterizado pela grande concentração em uma determinada atividade, denominado por essa teoria como Estado de Flow. Esse estado é considerado o estado de máxima motivação intrínseca e é definido, basicamente, como o equilíbrio entre as habilidades do indivíduo que executa a tarefa e a dificuldade necessária para atingir os objetivos impostos pela atividade. Esse conceito também é estudado por desenvolvedores de jogos para aplicação em seus programas.

Com base nos fatos apresentados, este estudo relata a elaboração de uma solução à baixa motivação em pacientes amputados de membro inferior em processo de reabilitação física. O produto gerado com esta pesquisa, o Victus VR, é uma plataforma computacional que combina um jogo sério e elementos de hardware através de sensores da plataforma de prototipagem Arduino.

1.1 Problema de Pesquisa

É possível aprimorar o processo de reabilitação física de pacientes com amputação em membros inferiores utilizando técnicas de gamificação em um jogo sério? O caráter motivacional desta solução tem impacto positivo no tratamento?

1.2 Objetivos

Este tópico serve para apresentar a finalidade desta pesquisa. O que pretende-se atingir com este projeto de uma forma geral e, em seguida, de uma maneira mais detalhada como estendem-se os propósitos deste estudo.

1.2.1 Objetivo Geral

Afim de responder o questionamento do problema de pesquisa, foi delineado um objetivo geral para este trabalho. O Objetivo principal consiste em: desenvolver um jogo sério que combine a técnica de gamificação aos métodos da Teoria da Autodeterminação com a finalidade de estimular pacientes com membro inferior amputado, os quais estão em processo de reabilitação física, utilizando como base a ferramenta Victus.

1.2.2 Objetivos Específicos

Considerando o objetivo Geral acima, definiu-se alguns objetivos específicos, os quais viabilizarão a conquista do objetivo geral. São eles:

- Analisar e relatar a carência de apoio psicológico no processo de reabilitação física de amputados do membro inferior.

- Identificar elementos da Teoria da Autodeterminação que podem ser reforçados no paciente amputado em tratamento.
- Elaborar um modelo de *software* que aborde os requisitos levantados.
- Desenvolver um jogo integrado através dos sensores da plataforma Victus.
- Incluir no jogo elementos de gamificação alinhados aos tópicos estudados sobre a Teoria da Autodeterminação com o propósito motivacional
- Aplicar questionários que possam mensurar o desenvolvimento do paciente que utiliza o jogo desenvolvido.
- Interpretar dados clínicos coletados pelo Victus VR que possam fomentar a utilidade da plataforma.
- Discutir a respeito dos dados obtidos durante a pesquisa

1.3 Organização do Texto

O documento está estruturado em seis capítulos e, além destes, possui ainda uma seção de referências bibliográficas e quatro documentos adicionados como apêndices. Além do capítulo de introdução contendo o problema de pesquisa e os objetivos, o documento apresenta os seguintes capítulos: referencial teórico no capítulo dois; metodologia no capítulo três; no capítulo quatro a descrição do projeto; testes e resultados no capítulo cinco; por fim, no capítulo seis, serão apresentadas as conclusões parciais a respeito do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como propósito apresentar informações essenciais para o entendimento desta pesquisa. A compreensão dos temas abordados aqui contribuem para esclarecer toda base de conhecimento que possibilitou a elaboração e produção deste trabalho. Inicialmente, aponta-se a amputação em suas características gerais e da compreensão dos transtornos psicológicos adquiridos com a mesma. Em seguida, são explicados alguns aspectos da motivação levantados pela Teoria da Autodeterminação e as necessidades psicológicas dos indivíduos explanando, também, as particularidades de pacientes amputados nesse contexto. Dando continuidade, é apresentada uma seção onde é discutido como as técnicas ligadas a jogos agem no estímulo e na motivação dos envolvidos. Também apresenta-se conceitos de Realidade Virtual e sua relevância na área da saúde. O campo de estudo da Informática Médica é apresentado em uma seção e na sequência, há um tópico explicando brevemente a respeito de microcontroladores e sensores. Para finalizar, são apresentados e discutidos alguns trabalhos correlatos que aplicam algumas técnicas bem sucedidas que contribuíram para evolução dessa pesquisa.

2.1 Amputação

É favorável ao entendimento deste trabalho a contextualização a respeito da amputação quanto à sua definição, suas causas, aos dados estatísticos, aos níveis de amputação no membro inferior, aos tratamento de reabilitação física, às dificuldades emocionais relacionadas e outras informações pertinentes que serão apresentadas neste tópico.

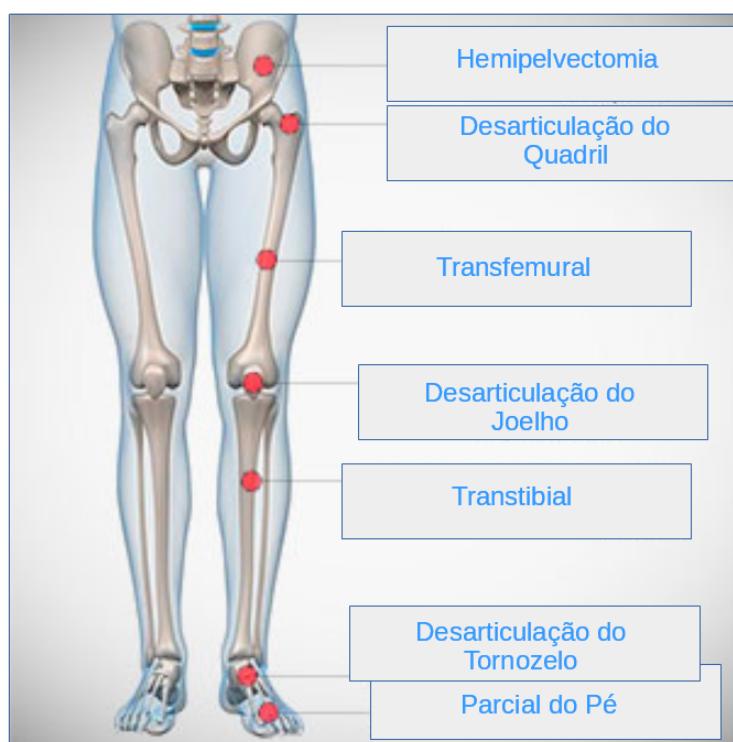
A amputação leva ao corte ou seccionamento de um membro e deve ser encarada como último recurso médico. A utilidade da amputação é tirar o tecido doente para evitar um agravamento no estado de saúde (SILVA, 2006). O Ministério da Saúde (2013) salienta que a amputação deve ser vista como parte de um tratamento maior que tem como propósito promover a qualidade de vida do enfermo. Muitos autores, assim como Jesus-Silva et al. (2017), apontam para a dimensão da perda psíquica que o paciente sofre citando os desafios clínicos e sociais aos quais o paciente é submetido.

De acordo com a OMS (Organização Mundial de Saúde) 10% da população mundial possui alguma limitação física ou mental. A incidência de amputações no mundo é imprecisa e é um dado estatístico difícil de mensurar, porém, estima-se na literatura que sua incidência mundial varie de 280.000 a 4.390.000 habitantes/ano segundo (UNWIN,

2000). No Brasil, o Ministério da Saúde (2013) divulga que cerca de 85% dos casos de amputação ocorrem no membro inferior e tem como principais causas, doenças vasculares e/ou diabetes, acidentes de trânsito e traumas por arma de fogo.

A amputação do membro inferior pode ocorrer em vários níveis, são eles: dedos, acima do joelho, abaixo do joelho, nível da coxa e do quadril. Avalia-se o nível de forma a deixar maior parte do membro do paciente intacto para posterior recuperação inclusive, melhor utilização da prótese. Existem diferentes maneiras de classificar a amputação, (KOLOSSVÁRY et al., 2015) esclarece o que a literatura titula de amputações maiores geralmente as amputações realizadas acima do nível do tornozelo, sejam transtibiais, transfemorais, desarticulações de joelho ou desarticulações de quadril, e de amputações menores aquelas restritas aos pododáctilos ou ao nível do pé. O MS (Ministério da Saúde, 2013) classifica os principais níveis de amputação do membro inferior segundo a ilustração da Figura 1:

Figura 1 – Ilustração dos principais níveis de amputação do membro inferior.



Fonte: Adaptado do site da fabricante de prótese CPOUSA
<http://www.cpousa.com/prosthetics/lower-extremity/>.

Se tratando do paciente amputado, os especialistas da área da saúde recomendam o tratamento de protetização e reabilitação física. A reabilitação propõe uma reintegração física do paciente buscando que ele aceite a sua nova imagem corporal e trazendo

um equipamento externo que pode ajudar nesse ponto, a prótese (BENEDETTO; FORGIONE; ALVES, 2002).

O tratamento de reabilitação se inicia desde a lesão/doença que causa a amputação e pode durar até o fim da vida do paciente. Essa reabilitação ocorre em diversos ambientes como hospital, em casa com familiares, na sociedade, entre outros. A reabilitação deve frisar o apoio psicológico do indivíduo e fornecer informações sobre sua nova condição para que o processo de aceitação e adaptação seja mais fácil (PERKINS et al., 2012).

O principal tratamento recomendado para amputados é a protetização, sendo o membro residual de amputação denominado coto. Quando a cirurgia é a única alternativa, existem algumas possibilidades de modo a deixar o coto o melhor possível, de modo a que este possa ser protetizado. Os equipamentos utilizados para substituir membros amputados ou malformados denominam-se prótese (membros artificiais), como apresenta a Figura 2. O tratamento de protetização, além de fornecer apoio à parte da deficiência física que o indivíduo enfrenta, ele é fortemente recomendado por também ajudar o indivíduo com a sua autoimagem, conforme argumenta Silva (2006). A autora ainda indaga que o fato do indivíduo ter de se ajustar as drásticas transformações físicas, sociais e psicológicas que ocorrem com ele há, geralmente, um quadro de desânimo e depressão ligados a esses fatores. Esse estado ao qual o paciente se encontra reflete diretamente de forma negativa no progresso da reabilitação.

Figura 2 – Próteses para diferentes níveis de amputação do membro inferior.



Fonte: <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Prosthetic+devices>.

O paciente amputado, protetizado ou não, deve passar por um processo de reabilitação física que permitirá desenvolver sua capacidade remanescente. Para tal, o procedimento deve conter uma série de atividades físicas prescritas por um profissional de fisioterapia. O Ministério da Saúde (2013) destaca que o fortalecimento muscular do coto de amputação é extremamente importante, e enfatiza, também, que após a amputação o paciente utilizará outros grupos musculares para executar suas atividades de vida diária. Portanto, o fortalecimento muscular deve ser geral.

Lohse et al. (2013) aponta para o fato do processo de reabilitação física ser cansativo e prolongado, demandando uma alta carga de exercícios repetitivos em confronto com resultados vagarosos e não perceptíveis a curto prazo. Esses fatores justificam uma alta taxa de evasão nos tratamentos pela falta de motivação e engajamento em que o paciente se encontra. O autor ainda salienta a necessidade de buscar soluções alternativas para esse problema.

De outra forma, Meurer e Palma (2010) concluíram em seu estudo que pessoas amputadas podem apresentar elevada motivação para a prática de atividades físicas, porém, estas necessitam de atividades adaptadas às suas condições e, principalmente, ambientes que reforcem a satisfação das necessidades psicológicas básicas de autonomia, competência e relacionamento, essenciais para o desenvolvimento da motivação intrínseca.

Silva (2006) destaca que há uma nova leitura ao conceito de reabilitação. Hoje já é de conhecimento dos profissionais que não é possível falar de saúde física sem considerar a sua estreita ligação com o bem-estar emocional. Como tal, considera-se que o processo de reabilitação do amputado deve contemplar a sua vertente física, psicológica e social. Ela ainda conclui, em sua pesquisa, que é muito importante a avaliação geral do indivíduo e a sua motivação para a reabilitação. Acredita-se que o paciente, com seu empenho e esforço, desempenha um papel ativo dentro das suas possibilidades. Desta forma, a reabilitação é entendida cada vez mais como um processo psicológico. A partir disto fica mais claro que o sucesso de um processo de reabilitação depende, em um certo grau, da aceitação da condição, por parte do amputado, da sua colaboração com a reabilitação e, principalmente, da motivação e da dedicação do próprio paciente.

Com base nessa pesquisa acredita-se que um paciente que sofre amputação de um membro e permanece desmotivado e emocionalmente abalado, faz com que essa frustração decorra no desinteresse de exercer atividades do cotidiano. A reabilitação pode auxiliar à retomada de sua qualidade de vida. O indivíduo que se encontra nesse estado, mesmo que fisicamente reabilitado, ainda pode ser considerado psicologicamente amputado.

2.2 Motivação

Nakamura et al. (2005) tentam descrever a motivação a partir da sua origem, do latim *motivus* que significa movimento, ou seja, motivar uma pessoa é engajá-la a agir em busca de novos desafios e novas conquistas. Para a psicologia o estudo da motivação

busca compreender o que leva os indivíduos a agirem da forma que agem. As necessidades psicológicas constituem uma parte importante no entendimento da motivação do comportamento. A literatura classifica três necessidades psicológicas, tratadas por alguns autores como necessidades psicológicas organísmicas, que são: autonomia; competência; e relacionamento ou vínculo. A motivação é tratada, basicamente, como a satisfação dessas necessidades psicológicas (REEVE, 2006). A partir disso o autor ainda justifica que a energia criada por essas necessidades psicológicas é proativa, pois causam no indivíduo uma disposição à exploração e ao envolvimento com um ambiente que seja capaz de satisfazer essas necessidades.

A Teoria da Autodeterminação é uma das mais recentes e conceituadas na literatura. Na TAD, criada por Edward Deci, Richard Ryan e colaboradores (DECI; RYAN, 2002), a motivação é analisada sob duas perspectivas em consideração à origem do estímulo, fomentando os conceitos de motivação intrínseca e a motivação extrínseca. A motivação intrínseca, segundo Reeve (2006), é uma motivação natural que surge espontaneamente da necessidade que as pessoas têm de autonomia e competência. Já a motivação extrínseca surge das consequências e dos incentivos ambientais. Quando se discute motivação, a TAD se destaca por tratar as motivações intrínsecas e extrínsecas de uma forma mais flexível e complementar, reformulando paradigmas postulados anteriormente. Nas palavras de Lens, Matos e Vansteenkiste (2008), a TAD faz uma discriminação entre duas questões motivacionais, “porque” e “para que”, ou seja, qual o objetivo da atividade e quais as razões que justificam o esforço para atingir esse objetivo.

Com o objetivo de compreender a energia e a direção do comportamento motivado, a TAD postula que existem três necessidades básicas nativas que motivam o ser humano que nutrem de forma efetiva e saudável o relacionamento destes com o ambiente (DECI; RYAN, 2000). Das necessidades psicológicas, após sintetizar conhecimentos apresentados por diversos autores da psicologia, formula-se conceitos sobre elas podendo definí-las da seguinte forma:

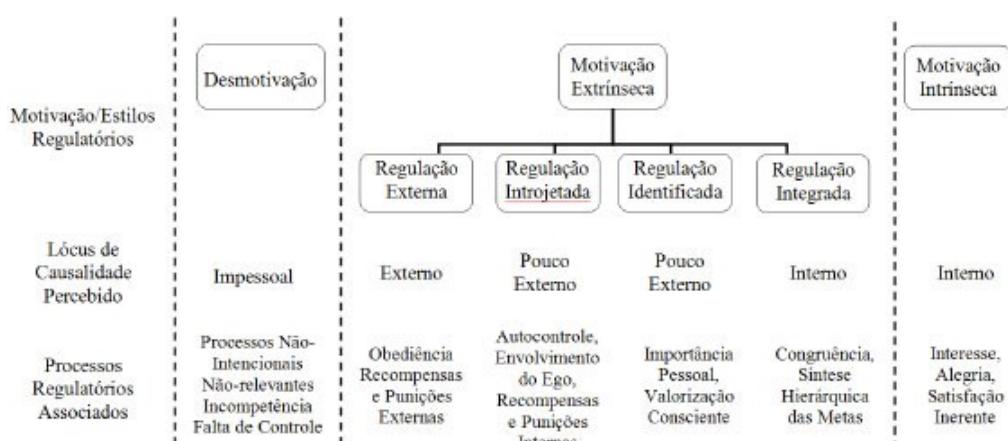
- Autonomia: Quando interesses e vontades prevalecem nas tomadas de decisões sobre participarmos ou não de determinadas atividades. É experimentar o poder de escolha ao invés de deixar que outros fatores determinem que ações devem ser tomadas.
- Competência: Lida com o desejo de interagir de maneira eficiente, aumentar as capacidades e desenvolver potencial. É alimentada pelo desejo de superar desafios.
- Relacionamento: Trata da necessidade de pertencer a um grupo, de ser aceito soci-

almente.

Em conjunto essas necessidades psicológicas organísmicas proporcionam às pessoas uma motivação natural para aprender, crescer e desenvolver-se e o quanto o indivíduo vai crescer, aprender e desenvolver-se depende do ambiente em que ele se encontra, se esse vai ser um ambiente apoiador ou não de suas necessidades (REEVE, 2006).

A Figura 3 representa o *continuum* de autodeterminação da motivação criado pelos autores da teoria. Segundo a TAD, os tipos de motivação podem ser organizados neste *continuum* de autodeterminação de acordo com a origem psíquica da motivação. Essa distribuição da motivação funciona como níveis de motivação extrínseco até chegar-se no nível de motivação intrínseco. Na extrema esquerda tem-se um nível de total falta de motivação intercalado por quatro níveis de motivação extrínsecas que podem ser diferenciadas com base em seu grau de autodeterminação: regulação externa (não de todo autodeterminada), regulação introjetada (um pouco autodeterminada), regulação identificada (geralmente autodeterminada) e regulação integrada (completamente autodeterminada). Por fim há a motivação intrínseca na extrema direita totalmente baseada na autodeterminação, e refere-se a todas as situações em que as necessidades psicológicas do indivíduo criam motivação para agir. Em outras palavras, o *continuum* de autodeterminação vai desde a amotivação, passa pela concordância passiva e vai até o engajamento pessoal por interesse ou prazer (REEVE, 2006).

Figura 3 – Continuum de motivação autodeterminada.



Fonte:Clement et al. (2014), p 47 adaptando Deci e Ryan.

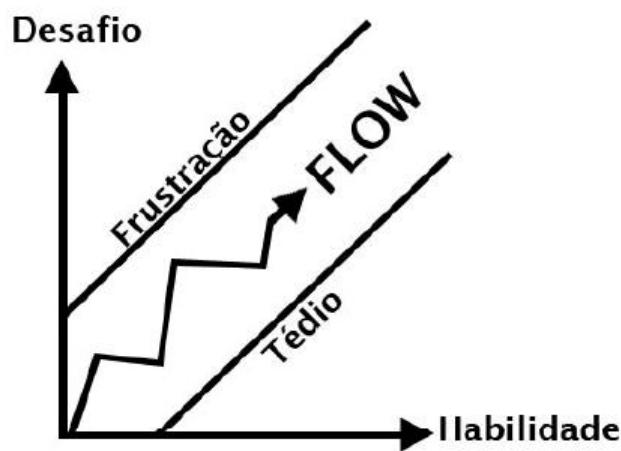
Uma pessoa intrinsecamente motivada cumpre uma série de exercícios exclusivamente pela satisfação da atividade por si só. Em contraponto, uma pessoa motivada de forma extrínseca faz suas atividades com intuito de receber uma recompensa. Então

nota-se que a motivação extrínseca tem várias graduações do quanto o incentivo será internalizado pela pessoa. Esses conceitos estão de acordo com o *continuum* de motivação (NUNES, 2014).

Uma outra teoria da psicologia motivacional que parte dos princípios das necessidades básicas é a Teoria do Flow. O estado de Flow é descrito pelo autor da teoria, Csikszentmihalyi (1990), como uma experiência única de estado de espírito, a total absorção de prazer. É um nível de foco e envolvimento em determinada tarefa que é totalmente autotélica, ou seja, feita por si só e está diretamente relacionada à motivação intrínseca. A complexidade da tarefa que está sendo realizada não influencia o fluxo; pode ocorrer durante o procedimento cirúrgico mais complexo ou durante um simples jogo. Em outras palavras pode-se definir o estado de Flow como o estado de máxima motivação intrínseca.

Existem nove condições que devem juntas representar o estado psicológico ideal de Flow. Esses elementos conceituais são: 1) equilíbrio desafio-habilidade (Figura G); 2) fusão de consciência de ação; 3) metas claramente estabelecidas; 4) *feedback* inequívoco; 5) concentração; 6) sensação de controle; 7) perda de autoconsciência; 8) perda da noção de tempo; e 9) experiência autotélica. Os três primeiros elementos, são pré-condições para o estado de Flow (CSIKSZENTMIHALYI, 1990).

Figura 4 – Representação gráfica dos estados relacionados a níveis de habilidade com desafios propostos.



Fonte: (BRAGA et al., 2007) p.3

Com base nas informações apresentadas, fica compreensível a desmotivação em indivíduos amputados. Os mesmos têm sua autoimagem prejudicada, bem como sua autonomia e sua competência, quando esses atributos são comparados com o estado anterior à amputação. No processo de reabilitação deve-se ter mecanismos e ferramentas que for-

neçam suporte para os pacientes com intuito de mantê-los motivados a superar as fases de reabilitação e adaptação à sua nova condição. Com isso, a TAD e a Teoria do Flow apontam aspectos a serem reforçados na construção de um ambiente apoiador das necessidades básicas buscando oferecer ao paciente uma motivação intrínseca ou um estágio próximo a esse.

2.3 Jogos, Gamificação e Jogos Sérios

Nesta seção apresenta-se a definição de jogo trabalhando os conceitos em um amplo espectro de aplicações expondo as abordagens específicas para os diferentes casos e justificando a utilização de determinados elementos em cada contexto. Nesta seção também é apresentada uma discussão que levanta o caráter motivacional presente nos jogos também levando em consideração os tópicos anteriormente.

Primeiramente deve-se conceituar o significado atribuído a palavra “jogos”. De acordo com Mastrocola (2012), jogo é algo que causa entretenimento e necessita de regras bem delineadas que o jogador esteja de acordo. Ele ainda apresenta uma série de definições diferentes para a palavra mas não se pode afirmar que existe um consenso. O que essas definições têm em comum entre elas, e com outras definições encontradas na literatura, é a de que um jogo deve possuir regras devidamente definidas e, consequentemente, objetivos e metas a serem cumpridos.

Mastrocola (2012) e outros autores, ao tentarem definir de forma mais objetiva o significado de jogo, encontram como fonte de conhecimento o autor holandês Johan Huizinga com sua obra *Homo Ludens*. Huizinga é tido como um autor que, historicamente, definiu jogos de muito além do mero entretenimento, ele caracteriza “jogo” como um elemento cultural que existe a pelo menos 3.500 anos AC e expôs que os jogos estão presentes nas relações humanas, na política, na natureza, entre outras diversas áreas.

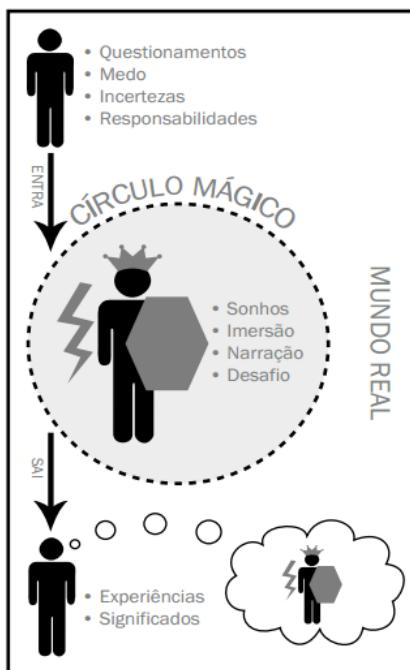
Mais do que um fenômeno fisiológico ou um simples reflexo psíquico, o jogo ultrapassa os limites da performance essencialmente física ou biológica. É uma ação que possui um sentido atribuído. No jogo, há algo “em jogo” que ultrapassa as necessidades imediatas da vida e confere um significado à atividade (MASTROCOLA, 2012), *apud* (HUIZINGA, 2014).

Partindo dessa ideia, Huizinga (2014) também introduz o conceito de Círculo Mágico. O Círculo Mágico (Figura 5) representa o jogo ou uma atividade lúdica onde se deixa de fora as aflições e incertezas do mundo real para viver uma experiência diferenci-

ada e se enriquecer de conhecimento e lições que irá carregar para o cotidiano.

Apresentando essa ideia de Círculo Mágico, tem-se a visão de jogo de uma forma que demonstra como ele pode ser usado em uma campanha publicitária, para treinamento em empresas, na área da educação ou pura e simples diversão no significado mais amplo da palavra (MASTROCOLA, 2012).

Figura 5 – Representação gráfica do Círculo Mágico.



Fonte: (MASTROCOLA, 2012),p.26

No livro *The Revolution of Fun*, o autor Bertran (2014) e na concepção de outros autores pesquisados e mencionados neste capítulo, destaca-se que os jogos têm o poder de engajar e motivar as pessoas a cumprir um determinado objetivo. Esse potencial dos jogos passou a ser mais explorado recentemente e vem sendo aplicado nas empresas, na área da saúde, na indústria, na educação, entre outras áreas. As técnicas responsáveis por essas aplicações alternativas dos jogos, estão relacionadas, aos conceitos de gamificação, jogos sérios (*serious games*) e simuladores. Esses conceitos, e alguns outros referentes a jogos, serão apresentados e comparados no decorrer do texto.

Em seu estudo “Scorekeeping for Success” (COONRADT; BENSON, 1998), os autores tentam entender o motivo das pessoas pagarem para exercer esforços em uma determinada atividade (como esportes, por exemplo) e não se esforçam tão dedicadamente nas atividades as quais são pagas para exercer (como o próprio trabalho). A princípio eles constataram que havia uma explicação simples, a de que somos atraídos por aquilo que

nos motiva, o que identifica nossos objetivos e o que nos dá uma indicação clara de como estamos progredindo. Por desenvolver este silogismo, Coonradt é considerado um grande contribuinte para a técnica chamada de gamificação.

O termo gamificação é definido por Bertran (2014) como o uso de mecânica de jogos em contextos não relacionados a jogos com o propósito de engajar usuários à resolver problemas. A gamificação é usada em aplicações e processos para melhorar o envolvimento do usuário, o retorno sobre o investimento, a qualidade dos dados, pontualidade e aprendizagem.

Já um jogo sério é um *software* ou *hardware* desenvolvido com recursos de jogos e com princípio de jogos com um objetivo diferente do mero entretenimento ((BERTRAN, 2014) *apud* OSCAR-PANELLA (2012)). Em outras palavras, é um jogo com o objetivo mais sério geralmente relacionado à áreas como saúde, educação, negócios, treinamentos técnico, etc. A principal diferença entre jogos sérios e gamificação é que nos jogos sérios de fato está se aplicando um jogo com um propósito sério, já a gamificação não existe jogo propriamente dito, existem mecânicas de jogos, pontuações, bônus e outros elementos de jogos aplicados em um ambiente comum (como o trabalho ou uma sala de aula, por exemplo).

As técnicas relacionadas a jogos são classificadas a partir do seu propósito e, também, a partir dos princípios de jogos aplicados dentro delas. Marczewski (2015) define esses elementos de jogos, classifica as técnicas, e os relaciona em um quadro (Tabela 1) onde ele aponta quais técnicas (representadas nas linhas) abordam determinados elementos (representado nas colunas). As categorias, segundo a classificação de Marczewski, são:

- Game Thinking: O uso de jogos e abordagens semelhantes a jogos para resolver problemas e criar experiências melhores.
- Elementos de jogos: Se trata de mecânica de jogos, pontuação, dinâmica, bônus, etc.
- Mundo Virtual: Uma representação de um espaço físico de forma virtual.
- Game Play: A jogabilidade, jogar por objetivos e obtenção de níveis e prêmios a partir de ações em um mundo virtual. Está também relacionado a jogar por prazer, de forma mais espontânea.
- Sem Propósito: Se trata de jogos sem propósito sério no mundo real, puramente por diversão.

- Design Inspirado em jogos: Se relaciona com design criativo é algo que faz uma alusão direta a jogos, principalmente. É utilizar uma interface parecida com a de um jogo, ou um efeito sonoro mas não contém o essencial relacionado a jogos (mecânica, pontuação, etc.).
- Gamification: Já apresentada anteriormente no texto.
- *Serious Game*: Também já brevemente apresentado porém, para Marczewski (2015) ganha três subcategorias: Jogo de Ensino - Ensina algo usando jogabilidade real; Jogo Significativo - Usa jogabilidade para promover uma mensagem significativa ao jogador; Jogo com Propósito - Usa jogos para criar resultados diretos do mundo real.
- Simulador: Uma simulação é uma representação virtual de algo do mundo real, como um simulador de vôo. A diferença entre simulação e jogo sério é que uma simulação, geralmente, não precisa de elementos de jogabilidade para funcionar e cumprir sua intenção planejada. Ele existe para permitir que os usuários pratiquem uma atividade em um ambiente seguro.
- Jogo: já definido anteriormente neste tópico, porém, na Tabela 1 será tratado como o jogo digital feito puramente para diversão do usuário.

Tabela 1 – Quadro comparativo dos conceitos de jogos e seus elementos.

	Game Thinking	Elementos de Jogos	Mundo Virtual	Game Play	Sem Propósito
Design Inspirado em Jogos	●				
Gamification	●	●			
Simulador	●	●	●		
Serious Game	●	●	●	●	
Jogo	●	●	●	●	●

Fonte: Adaptado de Marczewski (2015).

Bertran (2014) salienta que o que faz dos jogos algo tão popular é a sua capacidade de fornecer bastante engajamento e, ao mesmo tempo, diversão. A motivação é ligada diretamente aos conceitos da psicologia e para um jogo ser bem sucedido ele deve satisfazer as necessidades psicológicas do jogador. Entender psicologia motivacional é

peça fundamental no processo de desenvolvimento de jogos. É fundamental identificar o perfil psicológico dos seus jogadores.

Nas técnicas motivacionais, apresentadas anteriormente, existem estudos da aplicação da Teoria do Flow e da TAD nas mecânicas e dinâmicas de jogos para proporcionar motivação aos jogadores. A maioria consiste, basicamente, em estabelecer metas bem definidas, onde é abordado o equilíbrio entre o desafio proposto e as habilidades do usuário, e em exigir certo nível de concentração para exercer as tarefas. A Teoria do Flow, a TAD e a Gamificação, em conjunto com outros elementos motivacionais, são de grande utilidades, principalmente no contexto de jogos sérios.

2.4 Realidade Virtual

O termo Realidade Virtual (RV) costuma ser bastante abrangente. Os estudiosos da área tendem a defini-lo de forma empírica, o que gera diferentes definições na literatura. Netto (2002) compila algumas definições e resume que de uma forma simples, pode-se definir RV como uma interface avançada do usuário com o computador onde um ambiente virtual simula um ambiente real e é permitido que o usuário interaja com essas representações causando uma sensação de imersão.

A imersão citada e relacionada à RV se dá pelo fato das atividades que envolvem esse conceito proporcionarem uma forte sensação de participação e presença nesses ambientes virtuais. Pode-se ter a sensação de imersão com diferentes instrumentos: livros, filmes, jogos, e afins. Porém os jogos tendem a facilitar essa sensação. O que possibilita a imersão em jogos virtuais é a interação através de uma interface fluída e a narrativa, entre outros elementos (DONALD, 2006).

A RV ainda pode ser classificada como Imersiva e Não Imersiva, mesmo com as duas tendo a capacidade de trazer essa sensação. A RV dita Imersiva trata do uso de tecnologias com controle tridimensional altamente interativo. Geralmente, a RV Imersiva proporciona ao usuário a visualização, manipulação e exploração do ambiente virtual com os movimentos naturais tridimensionais do corpo. Para isso, o usuário deve utilizar dispositivos como óculos, capacetes, luvas ou outros aparelhos, segundo a definição de Tori, Kirner e Siscoutto (2006). Já a RV Não Imersiva se limita à tela do monitor.

Tori, Kirner e Siscoutto (2006) afirmam que o avanço da tecnologia potencializou e convergiu tais formas de expressão, visto que os jogos avançaram muito explorando a interação. Logo em seguida muitas tecnologias uniram forças e, consequentemente,

ultrapassaram o limite da tela do monitor, possibilitaram a criação de ambientes tridimensionais interativos em tempo real, utilizando a Realidade Virtual Imersiva.

Jogos digitais utilizam da Realidade Virtual como tecnologia de desenvolvimento, a RV mostra-se um potencializador da motivação dos usuários por proporcionar uma maior sensação de imersão. Com essa particularidade evidenciada, os jogos passam a cumprir seus propósitos de forma mais eficiente e eficaz. Martins et al. (2015) constataram em sua pesquisa que por meio de jogos digitais que transformam, jogadores adquirem experiências, habilidades e motivações que podem ser empregadas além do ambiente do jogo, atingindo um grande impacto no seu cotidiano. Desta forma a RV pode ser utilizada combinada a jogos sérios atuando nas áreas de educação, marketing, saúde, entre outras.

2.5 Informática Médica

Com a finalidade de esclarecer o que é Informática Médica e suas principais áreas de atuação que este tópico é contemplado neste trabalho. A área de informática médica, informática biomédica, entre outros termos, referem-se à aplicações da computação, de uma forma geral, nas diversas áreas da saúde. Aqui, após consolidada uma definição de Informática Médica, o tópico também discorre sobre o papel dos jogos na área médica e na área de reabilitação.

A Informática Médica é uma ciência jovem, que surgiu nas décadas após a invenção do computador. É definido como estudo e a aplicação de técnicas para melhorar o gerenciamento de dados dos pacientes, conhecimento clínico, dados populacionais e outras informações relevantes para o cuidado do paciente e a saúde da comunidade (WYATT; LIU, 2002).

Morris e McCain (1998), fazendo uma revisão bibliográfica de artigos interdisciplinares publicados, referentes a informática médica, constataram que a Informática Médica é um campo multidisciplinar, que demanda laços com a pesquisa biomédica, prática clínica, educação médica, informação e ciência da computação. Sua literatura é usada de maneira diferente por autores nessas áreas: a primeira enfatizando problemas de engenharia; a segunda trata a respeito do gerenciamento de informações e educação na área da saúde (formação e capacitação); este último ainda pode ser subdividido em teoria e prática.

Em linhas gerais, a Informática Médica vai desde o estudo da informação clínica em si à aplicações computacionais empregadas na saúde nas suas mais diversas áreas.

Um campo de estudo promissor com potencial de aplicação na saúde é o desenvolvimento de jogos sérios. Como discutido e definido no capítulo anterior, jogos sérios têm um propósito além do puro entretenimento. Na área da saúde, para ser mais específico, na reabilitação física e na fisioterapia, os jogos sérios podem assumir um papel de engajar e motivar pacientes a não evadirem do tratamento. Como afirma Fernandes, Oliveira e Cardoso (2015), softwares baseados em Realidade Virtual vem demonstrando eficiência na área da saúde, uma vez que podem tornar o processo de reabilitação física motivado devido à execução dos exercícios feitos em domicílio e à assistência remota do fisioterapeuta.

O uso de aparelhos tecnológicos proporciona a coleta de informações mais precisa. No âmbito da aplicação da tecnologia à saúde, essa coleta de informações permite uma atenção maior aos problemas do paciente pois propiciam um melhor acompanhamento e um diagnóstico mais preciso. Partindo desse princípio, Arrieira, Amaral e Júnior (2017) demonstram que microcontroladores e sensores têm grande potencial como tecnologias amplamente aplicadas na construção de ferramentas tecnológicas empregues à área da saúde. Muitos dos jogos sérios combinam elementos sensores como forma de controle dentro do jogo, além de monitorar dados clínicos durante o jogo. Alguns exemplos serão descritos na seção de Trabalhos Correlatos.

2.6 Microcontroladores

Gridling e Weiss (2007) definem microcontroladores como um processador com memória e uma porção de componentes integrados no mesmo chip. Penido e Trindade (2013) detalham afirmando que um microcontrolador é, basicamente, um computador em um único chip onde os principais componentes são: Processador (onde se processa operações lógicas e aritméticas); memórias; dispositivos de entrada e saída; *timers* (temporizadores); dispositivos de comunicação serial; dispositivos de conversão Analógico/Digital; etc. O que permite ter um computador funcional em um pequeno espaço.

Os microcontroladores estão presentes em diversos componentes eletrônicos, o que facilita a manutenção dos mesmos. Pode-se dizer que a principal tarefa de um microcontrolador é gerenciar outros componentes de *hardware*, que funcionam como sensores ou atuadores, através de um *software* pré-programado. Um microcontrolador é capaz de efetuar diversas funções que precisam de vários outros componentes. Dessa forma, aprender a programar microcontroladores implica em aprender a reunir circuitos em um único

componente (MARTINS, 2005).

Existem no mercado diversos fabricantes de microcontroladores porém, um que se destaca por ter uma vasta gama de sensores e atuadores e ter um preço acessível é o Arduino. O Arduino, segundo o site da fabricante Arduino (2018), foi o primeiro projeto de *hardware* de código aberto amplamente difundido no mundo e foi idealizado para ter uma comunidade colaborativa e ativa. Hoje o Arduino é a ferramenta de prototipagem eletrônica mais popular existente, o que facilita o trabalho de desenvolvedores pois existem numerosos materiais de apoio disponibilizados em fóruns, redes sociais, comunidades e afins.

Pode-se afirmar que um Arduino é um microcomputador programável que processa dados de entrada e saídas entre a placa principal e seus periféricos. Desse modo, o Arduino é definido como uma plataforma de computação física ou sistema embarcado, que nada mais é do que uma estrutura que atua no ambiente por meio de software e hardware (MCROBERTS, 2015).

Entre as áreas de atuação das plataformas de prototipagem de *hardware* estão a área de saúde, Internet das Coisas, jogos, música, segurança, agricultura, entre outros. Esses dispositivos dão a capacidade de ligar o mundo físico a um mundo virtual onde é possível implementar diferentes soluções e aplicá-las a problemas reais do cotidiano.

2.7 Trabalhos Correlatos

Ao longo deste trabalho foram encontrados trabalhos que se assemelham à este em determinados aspectos que serviram tanto como referências, quanto como estímulo para a proposta e construção desta pesquisa. Quase todos se tratam de jogos com aspectos de motivação e/ou relacionados à saúde (desde estímulo a exercícios físicos à ferramentas de auxílio a tratamentos e reabilitação). Este tópico contextualiza o leitor a respeito de alguns dos trabalhos correlacionados ao Victus VR.

2.7.1 Running Wheel

O Running Wheel é um jogo sério da classe *exergame* - categoria de jogos eletrônicos que promovem a saúde por meio prática de atividades físicas como requisito de jogabilidade - que aplica técnicas de motivação para engajar os jogadores a praticarem

o exercício físico. O autor define o jogo como um jogo sério de caminhada ou corrida realizados em uma esteira ergométrica, capaz de ser jogado em diferentes modalidades: Single Player e Multiplayer, nas versões competitivo (contra um adversário) e colaborativo (corrida em grupo cooperativo). O jogo captura a velocidade da esteira e o ritmo cardíaco do jogador. A exibição é feita em um monitor instalado à frente da esteira como ilustra a Figura 6 (NUNES, 2014).

Figura 6 – À esquerda o modelo conceitual do sistema com seus elementos; à direita o Running Wheel em funcionamento.



Fonte: (NUNES, 2014).

O jogo aqui destacado coloca em prática princípios de motivação baseados na Teoria da Autodeterminação visando trabalhar a motivação intrínseca por meio da saciedade das necessidades psicológicas de autonomia, competência e relacionamento (tratada por ele como “afinidade” ao invés de “relacionamento”). Os principais elementos que trabalham esses valores dentro do jogo são: mensagens motivacionais; elementos de apoio no cenário; avatar do personagem; mostradores de desempenho (Figura 7).

Figura 7 – À esquerda o cenário com elementos visuais; à direita o avatar em ação com os dados exibidos e mensagem motivacional.



Fonte: (NUNES, 2014).

Além dos elementos apresentados anteriormente o jogo também implementa as formas de jogo de Single Player, onde o usuário exerce sua corrida e marca o tempo relacionado à distância percorrida para ter um retorno de seu desempenho, o modo Multiplayer, tem como diferencial o fato de competir com outro usuário permitindo comparar seu desempenho com outro aumentando o desafio do jogo, e, por último, o modo Colaborativo, que possibilita a comunicação e interação com outros usuários e cooperação entre os mesmos. Cada modalidade de jogo tem requisitos motivacionais levemente diferenciados baseado na satisfação das necessidades básicas.

Para implementar os módulos de jogo apresentados até aqui, o autor programou o jogo de modo que o mesmo funcione online. Parte da execução do jogo é realizada por um *hardware*, com sensores da plataforma de prototipação Arduino, localizado em um esteira ergométrica que coleta dados clínicos do jogador bem como dados de velocidade e distância percorridos, após a coleta e tratamento desses dados o mesmo é enviado e tratado em um computador para realizar o controle do jogo que permite a visualização através de um monitor. O jogo é caracterizado pelo autor como um sistema motivacional, que estimula seus participantes a suportar uma carga maior de esforço físico, servindo também como uma fonte de diversão para sua atividade física. Em sua pesquisa, Nunes (2014) destaca a utilidade de sua ferramenta e ainda ressalta as diferenças motivacionais dos tipos de modalidades de jogo.

2.7.2 CyberCycle

É consensual que a prática de exercícios físicos proporciona diversos benefícios à saúde. Além de beneficiar fisicamente, as atividades físicas também promovem a saúde mental de variadas formas. Com essa base de conhecimento definida em sua pesquisa, Anderson-Hanley et al. (2012) propõem com seu *exergame* estimular a prática de atividades físicas para os idosos com o objetivo de trazer benefícios cognitivos e prevenir a demência e outras doenças associadas.

O jogo funciona em uma bicicleta ergométrica com uma tela acoplada ao guidão conforme ilustra a Figura 8. Por essa tela o idoso pode acompanhar dados clínicos como batimentos cardíacos, velocidade e distância percorrida. Nessa tela também é exibida uma simulação de uma corrida de ciclismo onde o idoso assume uma posição de corredor. Diferentes modalidades de jogo foram analisadas durante a pesquisa, desde jogos com outros competidores a jogos Single Player.

Figura 8 – Disposição do ambiente de jogo do CyberCycle.



Fonte: (ANDERSON-HANLEY et al., 2012)

O estudo apontou também que a principal diferença entre o ciclismo tradicional e o CyberCycle era a contribuição da Realidade Virtual para demandar um exercício mental combinado ao exercício físico. Percorrer por um cenário 3D competindo requer mais concentração e foco além de desenvolvimento de certas habilidades. Essas são atividades que dependem parcialmente de áreas do cérebro que foram significantemente abaladas e condizem com um estímulo direto à cognição. (ANDERSON-HANLEY et al., 2012).

Como resultado final do trabalho, houve a observação do maior rendimento físico nas sessões entre os participantes que utilizaram o exergame e os participantes que não utilizaram. O indicativo para isso foram os dados de distância e velocidades coletados durante a pesquisa.

2.7.3 Ikapp

O Ikapp é uma plataforma computacional que auxilia a reabilitação motora através de jogos sérios controlados por movimento. O Ikapp ainda permite que o fisioterapeuta construa um plano de tratamento personalizado visando as condições e particularidades do paciente (GAMA et al., 2012). Os autores também ressaltam que este sistema proporciona vantagens para o paciente e para o profissional. Similar aos dispositivos de entretenimento comerciais, o Ikapp também proporciona motivação e desafio aos pacientes através de sua interface gráfica.

O jogo funciona através de detecção de movimentos simples capturados através dos sensores do Kinect, conectado a um computador, o qual exibe as informações exibidas através de um projetor (Figura 9). O sistema é de simples manuseio e não necessita de uso de *joysticks*, o que permite que indivíduos com limitações físicas possam interagir com o dispositivo. Em adição, por sua capacidade de detectar erros de execução de movimentos e de fornecer *feedbacks* audiovisuais para repará-los em tempo de execução, o jogo permite ao fisioterapeuta mais precisão no acompanhamento do indivíduo (GAMA et al., 2012).

Figura 9 – Disposição do ambiente de coletas: (1) projeção do jogo, (2) sensor Kinect, (3) notebook, (4) retroprojetor.



Fonte: (GAMA et al., 2012).

Dentro do *software* é identificado o corpo do usuário e suas articulações. Isso permite uma análise biomecânica dos movimentos feitos pelo jogador que são traduzidos dentro do jogo para comandos, quando realizados corretamente. O propósito do jogo é induzir o jogador a realizar ações para controlar seu personagem no jogo. Desta forma o jogador executa seus exercícios físicos sem notar que está participando de uma sessão de fisioterapia.

Segundo a conclusão do estudo dos autores, após o aprimoramento, os resultados do presente estudo evidenciaram que o Ikapp é uma ferramenta tecnológica que agrupa valores terapêuticos à ludicidade e motivação de acordo com a perspectiva do usuário. Desta forma, acredita-se que o uso de dispositivos pode contribuir para atenuar os altos índices de evasão na prática clínica. A versão atual do Ikapp pode promover acessibilidade, de modo que boa parte dos indivíduos portadores de limitações (necessidades

especiais) sinta-se entusiasmada a realizar sua rotina de exercícios com um videogame.

2.7.4 Jogo Para Reabilitação de Cadeirantes

Este trabalho consiste em uma aplicação que utiliza Realidade Virtual para inclusão e reabilitação de pessoas cadeirantes. E, segundo a definição dos próprios autores Oliveira et al. (2016), o jogo sério desenvolvido é um jogo esportivo para cadeirantes, que proporciona motivação ao deficiente físico. Além disso, a aplicação incentiva a movimentação, pois o jogo é executado através de um sensor Kinect que captura o movimento do usuário colocando-o de forma virtual dentro do jogo, onde ele terá que se movimentar para que possa jogar. O jogo é adaptado ao deficiente físico para que possa interagir com o jogo, em que o usuário irá vê-lo na tela como cadeirante, utilizando as habilidades que não ultrapassam seus limites, para que possa cumprir os objetivos do jogo.

A plataforma utiliza o Kinect da Microsoft como sensor de captura de movimentos para identificar ações do jogador. O usuário deve realizar movimentos parecidos com o de mover uma cadeira de rodas com os braços para que seu personagem execute a ação de se movimentar em uma corrida, entre outras interações assim como ilustra a Figura 10.

Figura 10 – Interação entre usuário e jogo.



Fonte: (OLIVEIRA et al., 2016).

O exercício físico proporcionado pelo jogo melhora a agilidade dos portadores de deficiência física o que proporciona melhora nas atividades de vida diária tomando características de reabilitação. O usuário pode jogar apenas por diversão mas o jogo também permite o tratamento da pessoa que deve se exercitar enquanto participa das partidas. Os

exercícios físicos contribuem com a agilidade do cadeirante, o que é de fundamental importância. já que, dependendo da situação, simples movimentos como o calçar de uma meia ou pegar algum objeto podem se revelar uma tarefa complexa (OLIVEIRA et al., 2016).

2.7.5 Upper Limb Rehabilitation Game

Oña et al. (2018) desenvolveram um jogo sério para servir de ferramenta de suporte no processo de reabilitação do membro superior. Inicialmente o jogo foi projetado para reabilitação de pacientes que sofrem do Mal de Parkinson. O principal foco do jogo é a destreza e a coordenação motora tanto unilateral quanto bilateral dos pacientes. O projeto foi supervisionado por uma equipe de profissionais de saúde.

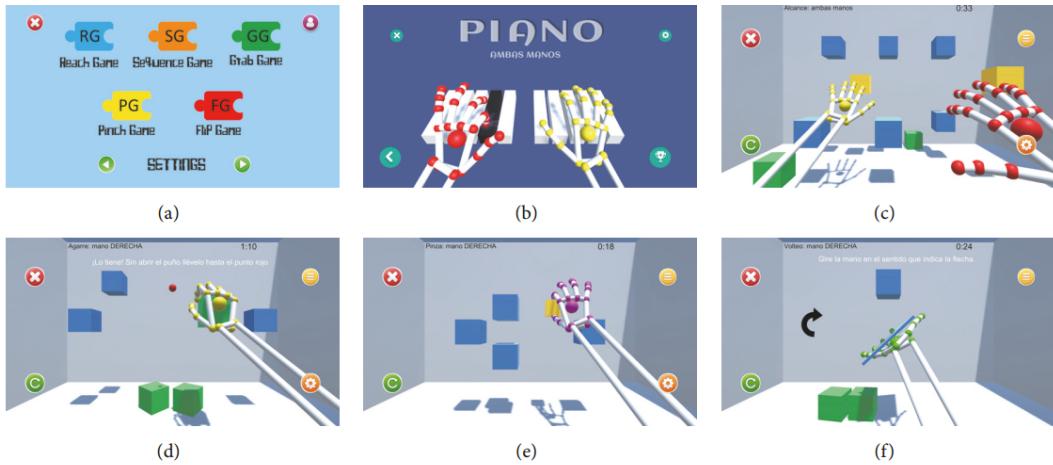
A jogabilidade é realizada através de um sensor chamado Leap Motion. Segundo os autores, o Leap Motion foi escolhido por ser um dispositivo de baixo custo capaz de identificar e capturar movimento das mãos do jogador, bem como suas principais articulações, e, posteriormente, reproduzi-las em ambiente virtual. O jogo possui ainda interface gráfica do usuário, banco de dados e foi projetado com a *game engine* (motor gráfico) Unity 3D na linguagem C#.

Uma série de videogames com foco na reabilitação física dos membros superiores de pacientes que possuem de algum tipo de limitação motora foram concebidos. De acordo com os requisitos e indicações dos profissionais de saúde, seis jogos foram desenvolvidos: Piano, Reach Game (Jogo de Alcance), Sequence Game (Jogo de Sequência), Grab Game (Jogo de Agarrar), Pinch Game (Jogo de Apertar), and Flip Game (FG); cada um deles com foco em exercícios de reabilitação (Figura11).

Cada jogo foi desenvolvido para atender demandas de reforço da coordenação motora, percepção e cognição. O número de repetições e o jogo indicado para cada tipo de jogador era decidido através de sugestão e profissionais da saúde e assim efetuou-se uma série de testes. Após realizar os testes, os dados colhidos foram analisados e discutidos pelos autores do projeto.

Os dados coletados tiveram coerência com a literatura no que diz respeito ao desenvolvimento do paciente. Os autores ressaltam a praticidade que o programa forneceu para montar um tratamento customizado de acordo com a necessidade do paciente observada pelo terapeuta. A forma de coletar dados através de um sensor é outro ponto ressaltado, nem sempre um processo de reabilitação consegue a obtenção de dados mais

Figura 11 – (a) Menu do Jogo; (b) Piano Game; (c) Reach Game; (d) Grab Game; (e) Pinch Game; (f) Flip Game.



Fonte: ONA et al.

precisos e significativos e neste quesito a tecnologia é fundamental, como constatado pelos autores.

2.7.6 Considerações Finais

Pode-se perceber que a tecnologia de jogos vem evoluindo e, com isso, oportunizando adaptações desses *softwares* a usos pouco convencionais, porém, com propósitos relevantes, como o caso da área da saúde. Os jogos sérios vêm assumindo um papel essencial ao se tratar de estimular e engajar indivíduos a realizar atividades naturalmente pouco atraentes.

Foi argumentado que um jogo, por si só, tem caráter motivacional pelo fato de oferecer objetivos bem definidos, um *feedback* (retorno de desempenho) rápido e claro, e trazem o lúdico como atrativo. Alguns dos jogos demonstrados aqui possuem como propósito principal motivar indivíduos à uma atividade específica, um deles inclusive implementa sua jogabilidade segundo as regras da Teoria da Autodeterminação para intensificar a capacidade motivacional.

Entre os trabalhos aqui apresentados nota-se algumas semelhanças e diferenças que ficam melhor expressas da Tabela 2. Vale comparar a ferramenta proposta por este trabalho com as demais plataformas, apresentadas neste tópico, em alguns aspectos como: seu público alvo, objetivo, ferramentas, etc. Na tabela o Jogo para Reabilitação de Cadeirantes será abreviado para "Reab. Cadeirantes", Upper Limb Rehabilitation Game será

referido como "Upper Limb Rehab", EMG refere-se a eletromiografia e frequência cardíaca será BPM (Batimentos por minuto) para melhor comportar os dados na tabela.

Nota-se que boa parte dos trabalhos desenvolvidos utiliza como *game engine* (motor gráfico) a Unity 3D. Uma *game engine* é uma plataforma de desenvolvimento de jogos capaz de fornecer um ambiente virtual com uma física previamente implementada e facilitar, assim, a criação de jogos. A Unity 3D é uma forte candidata nas escolhas dos desenvolvedores, isso se dar ao fato de ser uma *game engine* gratuita e de fácil utilização e possuir uma comunidade grande e ativa que fornece material didático e suporte em fóruns e redes sociais.

A utilização de jogos em tratamentos médicos por tantos autores demonstra o poder das técnicas de gamificação, dos jogos sérios e demais estudos da área. O potencial de ressignificar tais atividades torna-as mais atrativas e estimulantes, isso, como constatado em diversos estudos, reflete diretamente nos resultados apurados por estes serviços. Além do jogo em si há uma vantagem em utilizar tais sistemas pelo fato de um melhor monitoramento e coleta de dados clínicos que permitem diagnosticar, identificar e quantificar informações médicas a partir do desempenho do usuário em sessões desse caráter.

Tabela 2 – Comparação entre a Solução Victus VR e as Trabalhos Correlatos

	Objetivo
Running Wheel	Estimular exercícios recreativos
Cybercycle	Melhor capacidade cognitiva
Ikapp	Auxiliar Reabilitação física e fisioterapia
Reab.Cadeirantes	Auxiliar reabilitação física
Upper Limb Rehab	Reabilitação motora.
Solução Proposta	Auxiliar reabilitação física
	Público Alvo
Running Wheel	Público Geral
Cybercycle	Idosos
Ikapp	Pacientes em reabilitação física
Reab.Cadeirantes	Cadeirantes
Upper Limb Rehab	Pacientes com Mal de Parkinson em reabilitação física
Solução Proposta	Pacientes amputados em reabilitação física
	Controle e Jogabilidade
Running Wheel	Esteira ergométrica com sensores Arduino
Cybercycle	Bicicleta ergométrica da marca NetAthlon
Ikapp	Movimentos corporais detectados por Kinect
Reab.Cadeirantes	Movimentos corporais detectados por Kinect
Upper Limb Rehab	Movimentos manuais detectados pelo dispositivo Leap Motion
Solução Proposta	Bicicleta ergométrica com sensores Arduino
	Game Engine
Running Wheel	Unreal Engine
Cybercycle	NetAthlon Engine 2
Ikapp	Unity 3D
Reab.Cadeirantes	Unity 3D
Upper Limb Rehab	Unity 3D
Solução Proposta	Unity 3D
	Informações Coletadas
Running Wheel	Velocidade, distância percorrida e BPM
Cybercycle	Velocidade, distância percorrida e BPM
Ikapp	Análise biomecânica de movimentos
Reab.Cadeirantes	Quantidade de movimento
Upper Limb Rehab	Análise cognitiva de movimentos
Solução Proposta	Velocidade, distância percorrida, BPM e EMG
	Tipo de Exercício
Running Wheel	Exercícios em uma Esteira Ergométrica
Cybercycle	Exercícios em uma Bicicleta Ergométrica
Ikapp	Exercícios de movimentação e coordenação motora
Reab.Cadeirantes	Exercícios de movimentação
Upper Limb Rehab	Exercícios de manuseio e coordenação motora
Solução Proposta	Exercícios em uma Bicicleta Ergométrica

Fonte: Próprio autor.

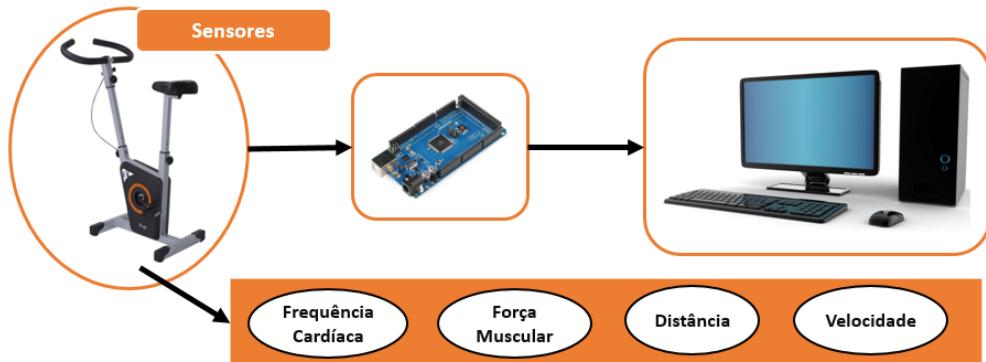
2.8 Projeto Victus

Motivados por uma perceptível carência de um acompanhamento mais preciso na recuperação física de pacientes amputados em processo de reabilitação, Arrieira, Amaral e Júnior (2017) propuseram o desenvolvimento de uma solução computacional baseada na integração de sensores da plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* Arduino, capaz de coletar dados necessários para quantificar a recuperação do indivíduo. O Victus conta também com um *software* capaz de monitorar e tratar dados clínicos, provenientes do nó sensor, de pacientes amputados durante suas sessões de fisioterapia. Inicialmente, este foi um trabalho voltado às necessidades do Serviço de Reabilitação Física (SRF) da cidade de Bagé-RS que, em parceria com o GIM da Unipampa, estuda soluções na área de computação aplicada à saúde.

Para a modelagem do sistema, os autores efetuaram entrevistas com profissionais da área de fisioterapia que evidenciaram quais os dados relevantes a serem monitorados, na sessão de reabilitação física, que indicariam melhora no desenvolvimento do paciente. As sessões são realizadas em uma bicicleta ergométrica com o objetivo de adaptar o paciente à prótese e fortalecer sua musculatura residual. Conhecendo o processo de reabilitação em detalhes, foi possível propor a solução computacional Victus. Desta forma, foi definido que o projeto deveria focar na análise da distância percorrida, força muscular, frequência cardíaca e velocidade. Sendo assim, esses foram os dados coletados e monitorados pela solução proposta. A Figura 12 ilustra a captura das informações necessárias em um diagrama de funcionamento da plataforma computacional Victus, onde é possível observar o conceito da utilização de sensores, de uma plataforma de *hardware* com microcontrolador e uma interface de monitoramento em *software* (ARRIEIRA; AMARAL; JÚNIOR, 2017).

A plataforma Victus ainda conta com um *software* que gerencia as sessões presentes em uma interface gráfica voltada ao usuário (fisioterapeuta) que pode cadastrar e gerenciar cadastro de pacientes, de profissionais, gerar relatórios e iniciar novas sessões de fisioterapia, dentre outras funcionalidades. Os dados da sessão são apresentados na tela em tempo de execução como apresentados na Figura 13, desta forma o fisioterapeuta pode monitorar, em andamento, parâmetros significativos que indicam as condições de saúde do paciente além de viabilizar, após a sessão, a visualização do relatório completo contendo informações salutares de todo processo. Essas funcionalidades são efetivadas por meio da implementação de uma base de dados modelada mediante critérios

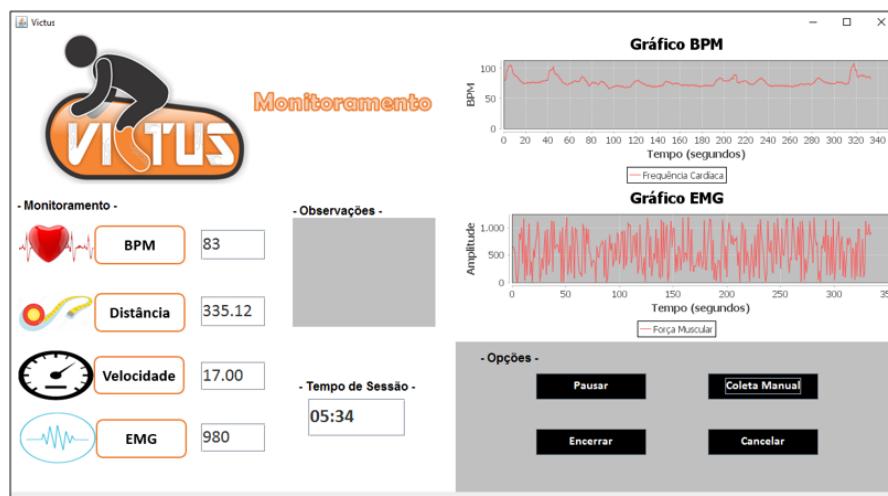
Figura 12 – Esquema de funcionamento do victus.



Fonte: (ARRIEIRA; AMARAL; JÚNIOR, 2017).

levantados pelo desenvolvedor.

Figura 13 – Interface gráfica do usuário do Victus.



Fonte:(ARRIEIRA; AMARAL; JÚNIOR, 2017).

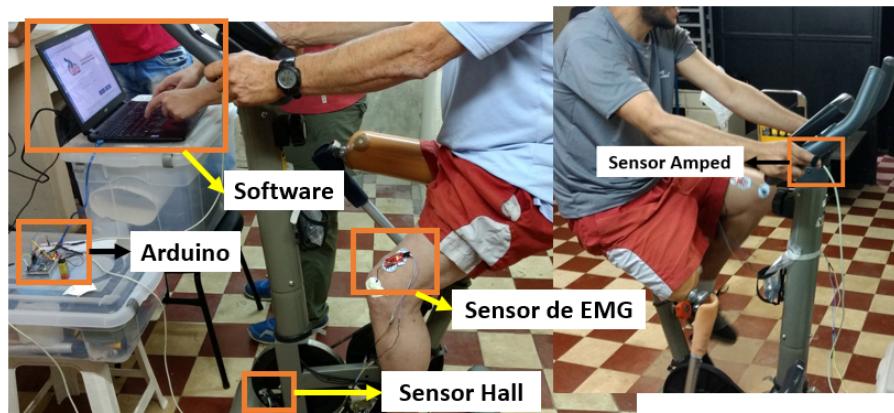
Vale salientar a preocupação dos autores com a informação médica que, com apoio de profissionais de fisioterapia, elaboraram um tratamento dos dados coletados relacionando-os de forma que gerasse novas informações pertinentes ao processo de reabilitação física, classificados na literatura como indicadores. Estes indicadores correlacionaram as informações coletadas pelo sistema e, assim, geram novas análises numéricas e quantitativas das sessões de exercícios dos indivíduos (ARRIEIRA; AMARAL; JÚNIOR, 2017).

Após todas as etapas de concepção da ferramenta Victus, a plataforma foi aplicada em sessões com o caráter de experimental (Figura 14) e, posteriormente, os fisioterapeutas

efetuaram uma avaliação da plataforma. Para avaliar o Victus, os profissionais responderam a questões objetivas sobre o seu funcionamento e sua utilidade. Também, opinaram de forma dissertativa sobre as vantagens e desvantagens da ferramenta. Os resultados das análises foram promissores. Segundo Arrieira, Amaral e Júnior (2017) foi constatado nas avaliação das questões dissertativas que os fisioterapeutas apontaram, entre outras explicações, para o fato da ferramenta ser muito útil na avaliação do paciente durante toda as etapas do tratamento. Outro ponto levantado pelos profissionais, é que esse processo de reabilitação é inovador e irá proporcionar um leque de opções para serem testadas no decorrer de todo o processo de tratamento, essencialmente, na fase de recuperação do indivíduo.

A plataforma Victus demonstrou eficiência ao cumprir seu objetivo de ser uma ferramenta de auxílio no processo de reabilitação física para amputados de membro inferior. Cabe salientar que a ferramenta proposta nesta pesquisa, a Victus VR, utilizará como base a forma de captura e tratamento de dados implementada pelo Victus para monitorar os dados clínicos, gerar relatórios, controlar o jogo, exibir informações na tela do jogo.

Figura 14 – Aplicação do Victus com paciente.



Fonte:(ARRIEIRA; AMARAL; JÚNIOR, 2017).

O projeto Victus, que foi iniciado a partir de uma demanda local do Serviço de Reabilitação Física de Bagé, se demonstrou promissor e impactante. A partir de discussões do Grupo de Informática Médica da Unipampa propõe-se o aprimoramento dessa ferramenta, agregando novas componentes e, consequentemente, novas funcionalidades.

3 METODOLOGIA

Com o propósito de preencher os requisitos de uma pesquisa científica, destacados por Prodanov e Freitas (2013), este capítulo esclarece como se deu os processos da metodologia científica. Tais processos podem ser resumidos em: levantar um questionamento; elaborar etapas de construção de uma solução que responda o questionamento; empregar um método que faça validação de forma confiável dessa resposta. Esta metodologia de pesquisa serve como guia para todo o desenvolvimento do trabalho.

O estudo e acompanhamento dos processos de reabilitação física do SRF tiveram como consequência a delimitação do problema de pesquisa. A partir da demanda dos fisioterapeutas e das ferramentas já desenvolvidas no GIM determinou-se a linha de pesquisa: soluções para baixa motivação em pacientes amputados. A próxima etapa do desenvolvimento deste trabalho consiste no levantamento do material de estudo. Este material serve de referencial teórico base para formulação e planejamento do estudo, essa etapa teve como consequência o planejamento da solução proposta e a hipótese a ser avaliada. Prodanov e Freitas (2013) frisam que a revisão da literatura tem a importante tarefa de contextualizar o pesquisador sobre o tema escolhido.

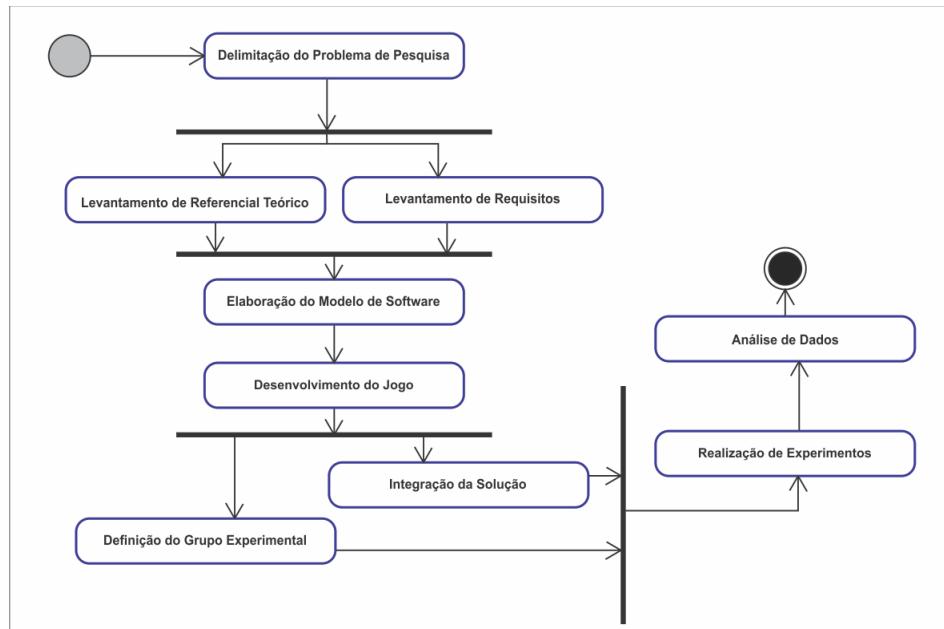
Esta pesquisa aborda o método hipotético-dedutivo. Para a verificação da hipótese utilizou-se os procedimentos do método experimental onde a ferramenta gerada como suposta solução para o problema é avaliada através de testes e ensaios. Esta pesquisa também pode ser classificada, quanto a sua natureza, como pesquisa aplicada, uma vez que um produto está sendo gerado através dela.

A classificação da pesquisa quanto sua abordagem, procedimentos e natureza contribui para a elaboração de um modelo de desenvolvimento. Esse modelo pode ser descrito através de um diagrama de atividades representado na Figura 15, abordando as principais tarefas do processo de pesquisa e também de modelagem do software.

Para o desenvolvimento do software, adotou-se o método ágil Scrum compartilhando características com o método espiral. Segundo (SUTHERLAND; SCHWABER, 2013), idealizadores do método, o Scrum não se trata de uma técnica, método ou processo definitivo na verdade se trata de um framework que utiliza de técnicas em sua execução porém, de forma muito flexível. O Scrum se mostra eficaz justamente por permitir reformulações durante o processo de desenvolvimento, assim a equipe de profissionais pode aperfeiçoar o produto em qualquer etapa de construção do software.

O Scrum foi adaptado nesta pesquisa pelo fato de não ter uma equipe de desen-

Figura 15 – Sequência de atividades da pesquisa.



Fonte: Autor.

volvimento e sim um único desenvolvedor. Porém, o autor optou por essa metodologia pois é interessante poder interferir no planejamento e execução, tanto da pesquisa quanto do software, conforme surgindo novas necessidades eslashou técnicas que melhor abordam o objetivo do trabalho. Dessa forma, a metodologia acaba tomando características de um desenvolvimento espiral com abordagens do método ágil Scrum. Alguns aspectos da elaboração da ferramenta serão abordados futuramente neste capítulo.

Para o desenvolvimento deste trabalho, de forma que atenda aos requisitos, diferentes técnicas foram empregadas. Diversas pesquisas científicas, livros e teses embasaram o desenvolvimento do software em todas as etapas. O emprego de técnicas motivacionais, a forma de monitorar os dados clínicos, elementos de game design, processos de desenvolvimento de software e metodologia de teste são exemplos de procedimentos adotados com base na literatura. Os principais autores são citados, bem como suas técnicas e onde são empregadas, ao decorrer do texto desta pesquisa em suas devidas seções.

4 PROJETO - VICTUS VR

Neste capítulo é apresentado o projeto do Victus VR como um todo. Inicialmente, tem-se uma breve descrição da plataforma de forma geral. Em seguida, uma visão da modelagem e do planejamento do software com seus principais documentos e diagramas. Na subseção seguinte, é descrito como foi feito o desenvolvimento do jogo propriamente dito com as diversas tecnologias utilizadas e a identificação de elementos motivacionais dentro do software. Por último, discute-se de que forma foram realizados todos os testes que permitiram a evolução e a validação da ferramenta.

4.1 Descrição

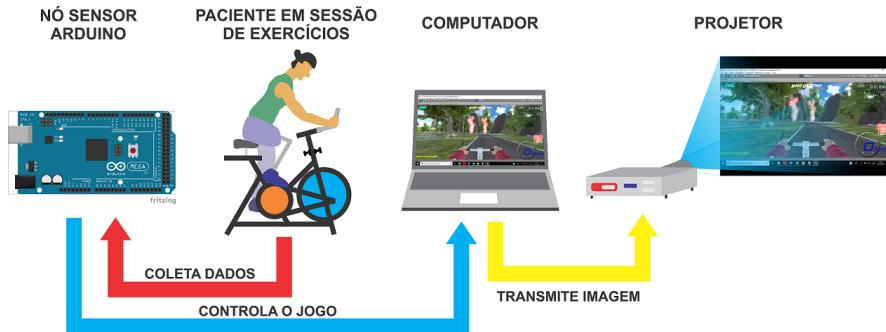
O Victus VR é um jogo sério que combina elementos de hardware da plataforma de prototipagem Arduino, em um módulo denominado nó sensor, capazes de monitorar dados clínicos e controlar o personagem do jogo. O principal objetivo da ferramenta é oferecer um tratamento alternativo ao paciente amputado em processo de reabilitação física onde a abordagem seja mais lúdica e, consequentemente, menos monótona. Desta forma, o Victus VR age como estímulo a permanência do indivíduo durante suas terapias.

As sessões de fisioterapia onde o Victus VR é aplicado, são sessões de exercícios numa bicicleta ergométrica. Essas sessões são indicadas por oferecer uma carga de exercício físico que possibilitam o fortalecimento da musculatura residual e adaptam o paciente à prótese. Enquanto o paciente pedala na bicicleta ergométrica os dados de frequência cardíaca, atividade elétrica muscular, velocidade e distância são coletados pelo nó sensor e transmitidos para o software no computador. Em seguida, após tratar os dados, o dispositivo os exibe numa partida do jogo em sua tela e através de um projetor, como apresenta a Figura 16.

O Victus VR é um jogo em primeira pessoa que, enquanto o paciente pratica o exercício em uma bicicleta ergométrica, ele passei por um cenário virtual sendo desafiado a atingir alguns objetivos. Os objetivos se consistem em chegar em algum lugar específico da pista do jogo em menos de um minuto. A cada minuto um outro desafio é lançado. O controle do jogo é efetuado pela velocidade que o paciente pedala durante a sessão, essa e outras informações são exibidas na tela durante a partida (Figura 17).

O jogo possui três pistas diferentes implementadas e dois modos de jogabilidade. A Figura 18 apresenta, através de um diagrama de telas, as possibilidades de partidas do

Figura 16 – Representação do fluxo de informação.



Fonte: Autor.

Figura 17 – Tela de uma partida do Victus VR.

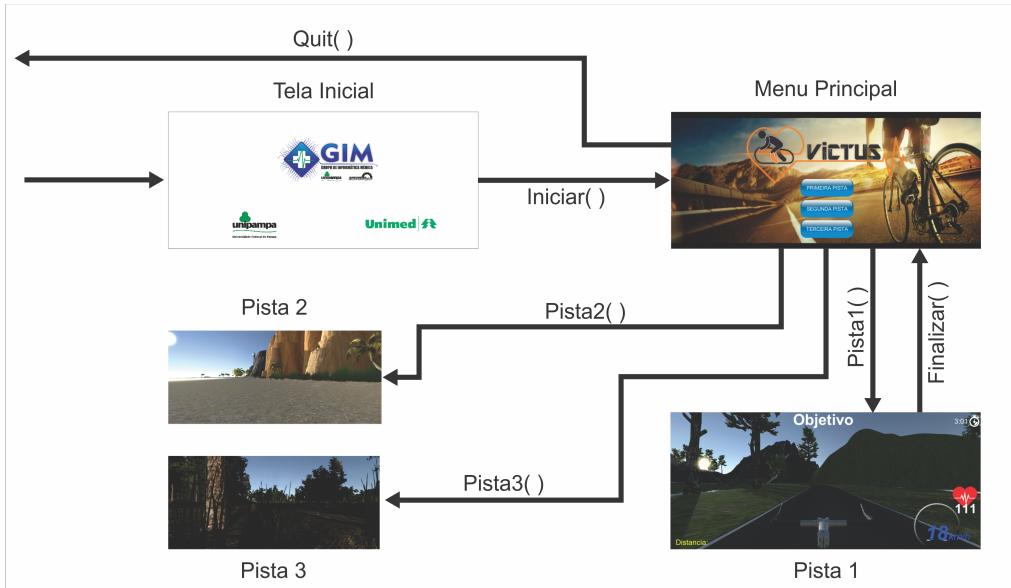


Fonte: Autor.

jogo. As pistas são compostas por paisagens naturais capazes de abstrair o paciente do ambiente clínico. Os modos de jogabilidade são: simples e competitivo. O modo simples o paciente é desafiado pelos objetivos que são propostos durante a sessão, já no modo competitivo, o indivíduo é desafiado a correr contra um personagem ?fantasma?. Esse personagem reproduz o desempenho que o paciente executou na sua última sessão, ou seja, o paciente é desafiado a se superar competindo contra sua última performance.

Em resumo o jogo consiste em representar de forma virtual uma corrida de bicicleta controlada através de sensores instalados em uma bicicleta ergométrica fazendo com que o desempenho (velocidade e distância percorrida) do paciente seja reproduzido em realidade virtual não imersiva. Através de elementos da mecânica do jogo o jogador é motivado a efetuar um desempenho cada vez melhor e, assim, as suas sessões de fisioterapia se tornam mais estimulantes.

Figura 18 – Diagrama de Navegação de Telas.



Fonte: Autor.

4.2 Modelagem e Concepção

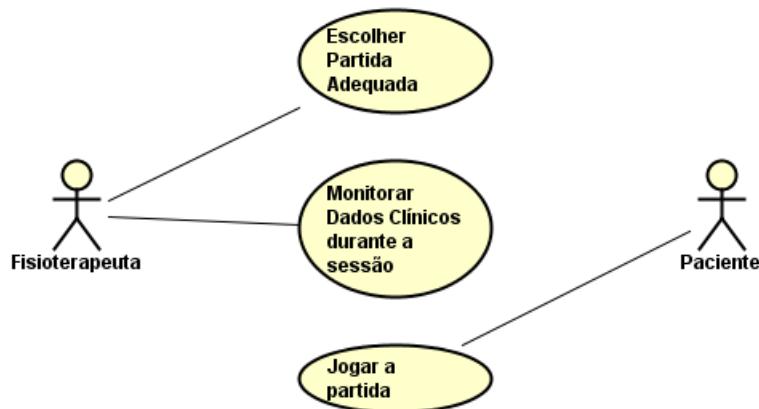
Após estudar a ferramenta Victus desenvolvida por Arrieira, Amaral e Júnior (2017) e entender o processo de reabilitação física de amputados do membro inferior sob a luz de diferentes pontos de vista, buscou-se idealizar uma ferramenta capaz de dar suporte psicológico no tratamento de amputados do membro inferior que fosse complementar ao Victus. Para isso foram consultadas na literatura diferentes técnicas computacionais capazes de fornecer estímulo e apoio psicológico. Desta forma, optou-se por desenvolver um jogo sério com aplicações de gamificação embasadas na psicologia que fosse capaz de atingir o objetivo estabelecido.

Em seguida, iniciou-se a etapa de levantamento de requisitos. Neste processo foram consultados profissionais da fisioterapia, funcionários do SRF, e depois discutido entre os membros do GIM. Por fim foi gerado o documento Requisitos de Software Victus VR apresentado no Apêndice A. Este documento permite enxergar as necessidades a serem atendidas no software. Um protótipo foi gerado com a finalidade de testar a tecnologia de comunicação entre a plataforma de prototipagem de hardware Arduino e a aplicação de desenvolvimento de jogos Unity3D. Comprovada a eficiência da transmissão de dados entre os componentes deu-se início ao desenvolvimento do projeto.

Com o intuito de realizar um melhor planejamento do *software* utilizou-se técnicas de engenharia de *software* como diagrama de Caso de Uso apresentado nas Figuras 19 e

21. Este diagrama mostra os principais atores do *software* e suas áreas de atuação. Na Figura 19 nota-se o papel do fisioterapeuta em prescrever a sessão quanto ao tempo de duração e também o papel de fiscalizar os BPM e as condições do paciente e, por fim, o paciente como jogador.

Figura 19 – Caso de uso fisioterapeuta e paciente como atores.



Fonte: Autor.

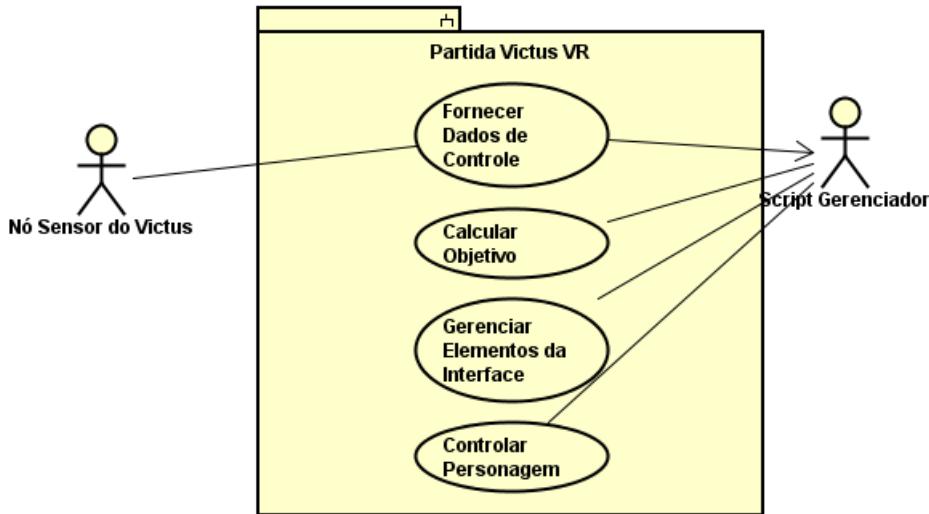
O principal subsistema da plataforma Victus VR é a própria partida. Nela há dois principais atuadores, o nó sensor que capta as informações essenciais para o controle da partida, e o código de gerenciamento do Victus VR. O código tem funções que, ao receber as informações dos sensores, atualiza elementos da interface, controla o personagem e calcula o objetivo. A Figura 21 ilustra melhor esta interação.

Para documentar parte do desenvolvimento do jogo utilizou-se do guia escrito por Rogers (2014) chamado Level UP: The Guide to Great Video Game Design (Level UP: O Guia Para o Design de Grandes Jogos em versão brasileira) nele Rogers (2014) retrata como criar um Game Design Document (GDD). O GDD completo com todo conteúdo do Victus VR está presente no Apêndice D. Uma GDD contém tudo que estará no jogo, é um documento essencial para equipes de desenvolvedores. O próprio desenvolvedor terá de consultá-lo algumas vezes durante os processos de desenvolvimento.

4.3 Desenvolvimento

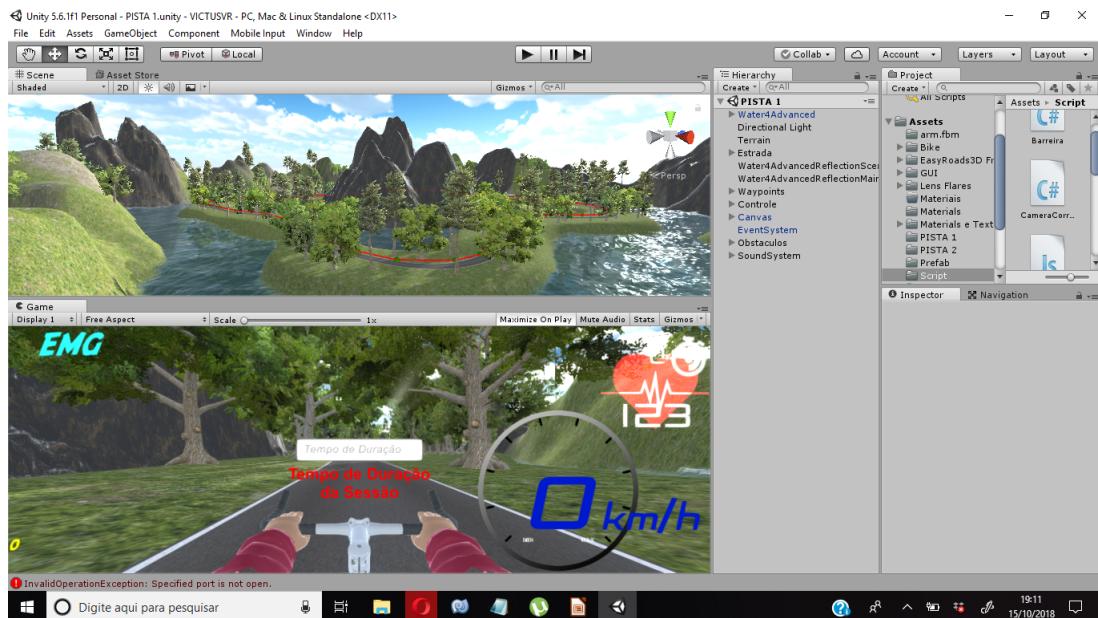
Para implementar o jogo é utilizada a game engine Unity 3D. A Unity 3D (Figura

Figura 20 – Caso de uso do subsistema principal, a partida.



Fonte: Autor.

Figura 21 – Ambiente de Desenvolvimento Unity



Fonte: Autor.

A linguagem de programação mais utilizada no desenvolvimento do Victus VR é a C#, alguns scripts foram programados com a linguagem JavaScript que também é suportada pela engine. Através dessas duas linguagens pode-se programar, dentro da Unity 3D, scripts que são capazes de comandar objetos que compõem o jogo (elementos

modelados, animações, partículas, interface gráfica, etc) e também alterar seus atributos (posição, rotação, luz, som, imagem, textura, entre outros). Assim é definida toda a dinâmica e mecânica do jogo.

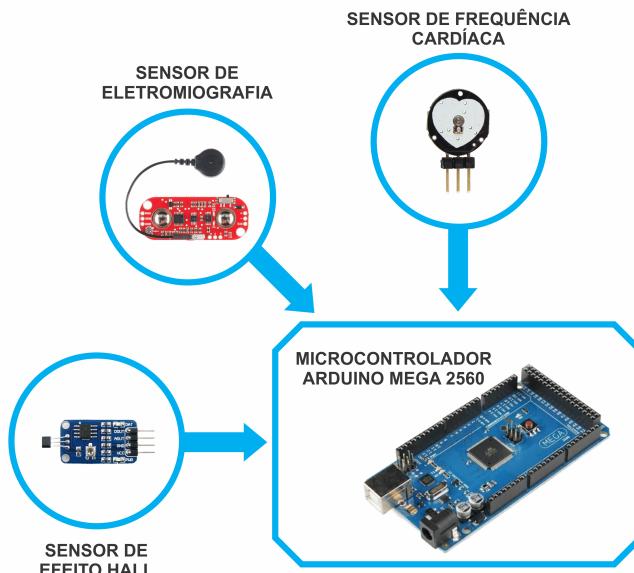
Além das ferramentas de edição nativas na Unity 3D existe uma loja no site da plataforma (AssetStore) que disponibiliza diversos elementos de criação de jogos. A Asset Store dispõe de sons, modelos 2D, modelos 3D, animações, scripts, plugins, etc. Alguns modelos dentro do Victus VR foram baixados dessa loja gratuitamente. Entre os itens baixados está um script que faz melhorias no gráfico do ambiente e um plugin próprio para gerar pistas de corrida que gerou a pista de um dos cenários do game. Combinada às ferramentas de edição da plataforma Unity 3D, estão alguns outros elementos disponíveis gratuitamente na internet que enriquecem o design de jogos. Algumas texturas de jogos foram baixadas do site FreePBR (2018) e agregadas às ferramentas de edição do Unity 3D. Outros elementos disponíveis na internet são modelos 3D, a bicicleta presente no Victus VR estava disponível gratuitamente no site (CGTRADER, 2018). Para modelagem do personagem foi utilizado o software MIXAMO FUSE da Adobe. Optou-se por este software pois é gratuito e tem o propósito de facilitar a criação de personagens humanos detalhados e customizados. Após a modelagem no Mixamo Fuse alguns retoques foram feitos no Blender, outro modelador de objetos virtuais 3D gratuitos, porém este tem o código aberto e é bem tradicional no ramo. O nó sensor do Victus VR, até o momento, utiliza os mesmos sensores do Victus. Esses componentes de hardware são exibidos na Figura 22. Os componentes utilizados como base do nó sensor deste trabalho consistem em:

- Placa Arduino Mega 2560: Recebe dados dos sensores periféricos e os trata estabelecendo uma comunicação com o computador;
- Sensor de Efeito Hall: Detecta alterações de campo magnético, usa-se esse sensor para detectar quando a roda da bicicleta ergométrica completa uma volta, para isso posiciona-se o sensor em uma parte fixa próximo à roda e em um ponto da roda coloca-se um imã, deste modo a cada aproximação do imã detectada sabe-se a distância percorrida (correspondente ao perímetro da roda) e com o tempo cronometrado no software calcula-se também a velocidade instantânea.
- Sensor de Pulso e Batimento Cardíaco Amped: Fica em contato com a ponta do dedo do paciente durante a sessão para detectar seu ritmo cardíaco. Possui sensor de luz ambiente e uma pequena luz de LED que ficam em contato com a pele da ponta do dedo, o LED se acende e o sensor de luz detecta a variação da incidência

de luz, dessa forma a frequência cardíaca é detectada.

- Sensor de Eletromiografia Myoware Muscle Sensor: Este serve para detectar o esforço muscular deferido pelo paciente, geralmente coloca-se no músculo da coxa durante as pedaladas na sessão de exercícios. O sensor age medindo a corrente elétrica filtrada e retificada de um músculo.

Figura 22 – Sensores utilizados



Fonte: Autor.

A escolha dos elementos de hardware que compõem o Victus é fruto de diversos testes e pesquisas realizados pelos autores. A placa Arduino Mega 2560 é a que, segundo Arrieira, Amaral e Júnior (2017) após comparação com outras placas, melhor atende aos requisitos do sistema por possuir, principalmente, um processador potente e uma boa quantidade de canais de comunicação serial. Esse fato aumenta o leque de oportunidades de configurações que a ferramenta tem capacidade de oferecer. Esses dispositivos foram disponibilizados pelo GIM. O posicionamento dos sensores durante a sessão de fisioterapia são retratados na Figura 23 que demonstra uma sessão realizada com paciente com todo equipamento em pleno funcionamento.

Com a finalidade de realizar o controle do jogo uma comunicação entre a placa Arduino e o software Victus VR foi implementada via *script*. O acesso à informações provenientes do nó sensor é estabelecida via comunicação serial onde um programa através do framework da linguagem de programação C#, o NET 2.0. O sketch Arduino, adap-

Figura 23 – Ambiente de teste: 1-Projeção; 2-Computador; 3-Arduino Mega2560; 4-Sensor de BPM; 5-Sensor Hall; 6-Projetor; 7-Sensor EMG



Fonte: Autor.

tado da plataforma Victus para o uso com o jogo sério, escreve as variáveis da velocidade, frequência cardíaca e valor do EMG a cada interação do sensor hall a velocidade. Assim, a placa escreve um dado do tipo ?String? que é lido dentro do jogo. Posteriormente, essas informações são separadas, convertidas e tratadas para controlar os elementos do jogo.

O Victus VR também conta com uma base de dados MySQL modelada para organizar e comportar os dados de cada paciente. A comunicação entre o jogo e o banco de dados se dá, também, através do NET 2.0 (Figura 24). É aberta uma conexão, com a passagem dos devidos parâmetros, onde é possível efetuar comandos da linguagem SQL dentro do *script* C# na Unity 3D. Para isso, a biblioteca e os arquivos .dll devem ser importados para o projeto.

Figura 24 – Comunicação efetuada através do *framework* NET 2.0

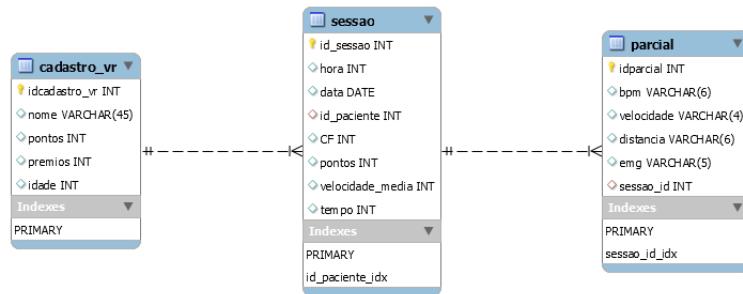


Fonte: Autor.

As informações do paciente são gravadas e vinculadas ao seu cadastro, efetuado no primeiro acesso ao jogo. Cada sessão também é salva no banco de dados, com data

e hora e a cada 15 segundos de jogo são salvos dados parciais (velocidade, distância, BPM, sinais de EMG, pontuação) referentes àquela partida. O esquema de variáveis e as relações entre as tabelas do banco de dados estão ilustrados no diagrama da Figura 25. Há o objetivo de, futuramente, mesclar o banco de dados do Victus com o Victus VR e fazer as ferramentas trabalhar em conjunto.

Figura 25 – Diagrama com as relações das tabelas na base de dados utilizando Workbench



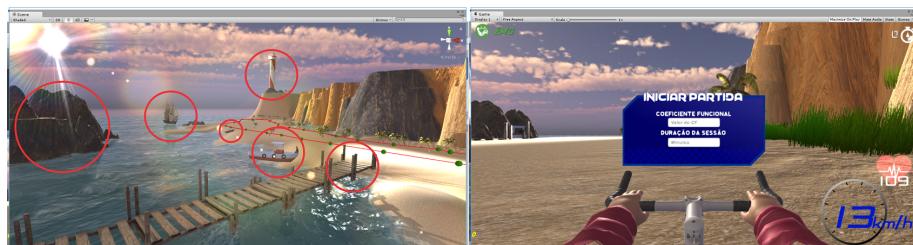
Fonte: Autor.

Como dito anteriormente, diversas pesquisas servem de apoio e suporte para construção deste estudo. O Running Wheel, por exemplo, desenvolvido por ??, propôs desenvolver um jogo sério motivacional para incentivar o exercício físico. A principal base teórica utilizada pelo autor foi a Teoria da Autodeterminação. Muitos elementos utilizados por ele em sua interface gráfica condizem com suprimento das necessidades básicas do indivíduo e são apontados por ele em sua pesquisa.

(NUNES, 2014) afirma que elementos dispostos no meio do cenário condizem com um estímulo visual quanto a sua velocidade e permite a criação de metas pessoais de alcançar tais objetos, que condizem com o conceito de autonomia da TAD. As mensagens e os elementos da interface presentes no jogo, também são apontados pelo autor como um fator motivacional. O cumprimento de metas, a distância já percorrida, a velocidade, entre outros elementos prendem a atenção do usuário e o deixam mais concentrado no jogo. Com base nessas ideias, a solução aqui desenvolvida possui cenários detalhados e uma interface do usuário atrativa (Figura 26).

Um guia de game design aplicados à reabilitação com a capacidade de manter os pacientes engajados durante o tratamento é o tema da tese de (CATALDI, 2017). Essa pesquisa explica como desenvolver um jogo para pacientes vítimas de acidente vascular encefálico. Diversos elementos presentes no jogo são justificados segundo as teorias mo-

Figura 26 – À esquerda, os elementos destacados no cenário que podem ser utilizados como pontos de referência para objetivos mentais, à direita elementos da interface gráfica do usuário



Fonte: Autor.

tivacionais. Em sua tese, a principal preocupação do autor é promover um método que esteja em total acordo com os exercícios adequados àqueles pacientes, monitore o seu progresso e seus dados clínicos e suas dificuldades abranjam as limitações do jogador. Por isso, algumas técnicas sugeridas pelo autor estão presentes na plataforma Victus VR.

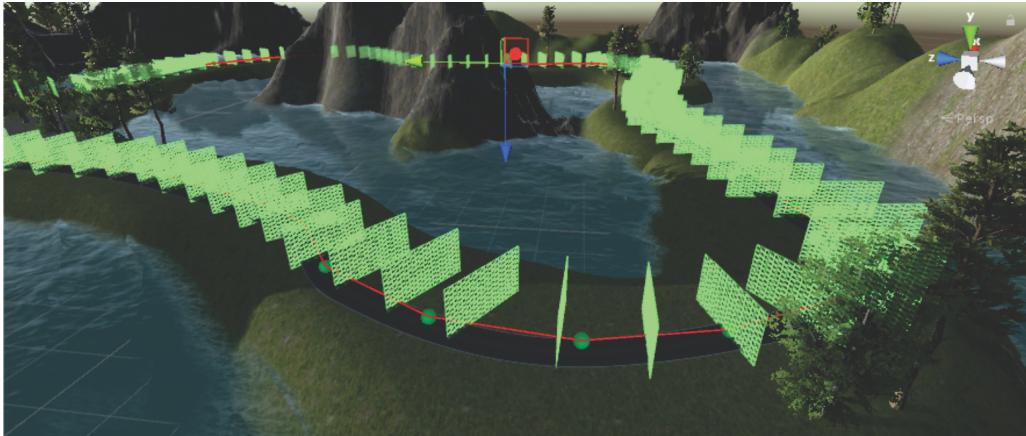
O sistema de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (DDA, do inglês *Dynamic Difficulty Adjustment*) é uma das apostas do Cataldi (2017). Esse sistema consiste em ajustar a dificuldade proposta pelo jogo de acordo com o desempenho que o jogador vem efetuando no mesmo. É aconselhável desafiar o jogador na medida certa, evitando a frustração, com perdas consecutivas, e também o tédio, com as conquistas fáceis. Para pacientes em reabilitação que sofreram algum trauma este equilíbrio pode se revelar muito sensível.

(??) explica que um sistema DDA pode promover uma ótima experiência de jogo para diferentes níveis de jogadores. Esse sistema ajusta a dificuldade dos objetivos propostos pelo jogo de acordo com o desempenho do jogador. A autora ainda justifica que este método aproxima o jogador de ter uma experiência de Flow, uma vez que oferece um maior equilíbrio entre as habilidades do jogador e o desafio proposto pelo jogo. Por esse motivo, essa técnica foi adotada por esta pesquisa.

Os objetivos propostos por este jogo durante uma corrida, consistem em alcançar um determinado ponto da pista no tempo máximo de um minuto. Por esse motivo, os cenários são segmentadas por barreiras invisíveis com uma distância média de 10m (Figura 27). Essas barreiras servem para estimar a distância percorrida e, também, como pontos de referência para instanciar o objetivo (caracterizado pela sinalização de um local dentro da pista).

A movimentação do personagem é limitada à pista de corrida. As únicas coisas que são controladas pelo jogador durante sua sessão são as variáveis da velocidade e da distância percorrida na pista. Para implementação dessa função, a biblioteca

Figura 27 – Barreiras utilizadas no sistema DDA



Fonte: Autor.

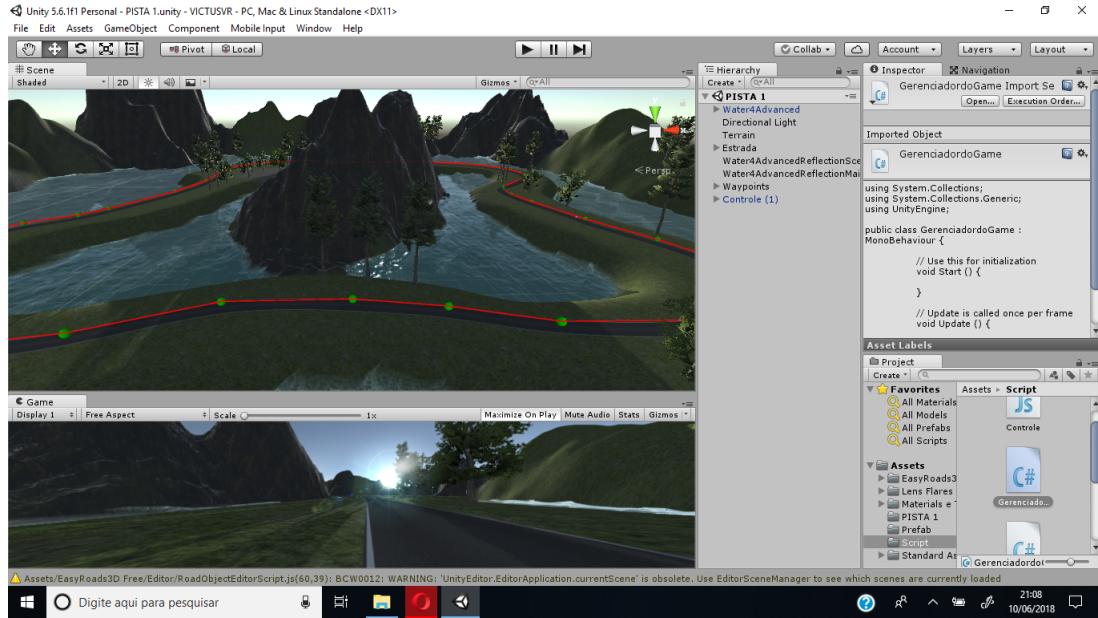
Unity.Engine.AI, responsável pela inteligência artificial dos jogos, foi utilizada. Os procedimentos envolveram a utilização dos componentes NavMesh e NavMeshAgent que, segundo a documentação da Unity 3D (??), são classes responsáveis pela movimentação espacial em torno da cena obedecendo alguns critérios estabelecidos. Nesse caso é traçado um caminho (Figura 28) dentro da pista ao qual o NavMesh Agent obriga o personagem a seguir, variando sua velocidade de acordo com os dados recebidos pelo sensor através dos scripts. A modalidade de jogo contra o ?fantasma?, que reproduz a última performance, se resume à um segundo NavMeshAgente que percorre a pista na velocidade média da última sessão do paciente.

A distância que esse ponto ?objetivo? estará do jogador é calculada pelo sistema DDA de acordo com a performance dele durante a sessão, obedecendo a expressão regular ilustrada na Figura 29. Esse cálculo exige que o paciente ande em um minuto o dobro da distância que andou em trinta segundos somado a um fator desafiante. Esse fator desafiante observa a performance que o jogador vem desempenhando, o nível de batimentos cardíacos e um valor de Coeficiente Funcional pontuado pelo paciente.

A análise do rendimento é realizada pela pontuação. A pontuação se consiste no tempo de realização do objetivo proposto (um minuto) subtraído pelo tempo de cumprimento do objetivo, assim se o jogador efetuou a tarefa com tempo de sobra ele teve um rendimento positivo, se efetuou faltando tempo (faltou no objetivo), ele tem um rendimento negativo proporcional aos segundos de diferença. Dessa forma um vetor grava as três últimas performances do paciente durante a sessão, o valor inicial desse vetor é zero e vai sendo substituindo conforme ocorrem os objetivos.

Por se tratar de uma ferramenta clínica, o Victus VR também se responsabiliza por

Figura 28 – Barreiras utilizadas no sistema DDA



Fonte: Autor.

Figura 29 – Cálculo da distância do objetivo proposto no DDA.

$$\text{DD} = 2 \times \text{D30} + \frac{\text{CF}}{10} \times \left(\frac{\text{B}[5]}{5} + \frac{\text{R}[3]}{3} \right)$$

FATOR DESAFIANTE

DD - Distância do desafio
D30 - Distância percorrida em 30 segundos
CF - Coeficiente Funcional
B[5] - Últimas 5 amostras de BPM
R[3] - Rendimento dos últimos 3 objetivos

Fonte: Autor.

manter as atividades dentro de um limite saudável para o paciente. Para isso, a frequência cardíaca média do paciente está influenciando o cálculo do desafio proposto pelo DDA. ??) sugere que a frequência cardíaca máxima de um ser humano possa ser estimada pela idade do mesmo através do cálculo ??08 ? 0,7*idade?. Em seu estudo ??) ainda estabelece que o ideal é manter os batimentos entre a faixa de valores de 50% a 80%, para treinos regenerativos. Com base nessas observações o sistema DDA calcula uma média das últimas cinco amostras de BPM e subtrai do valor de 65% da frequência cardíaca máxima, sugerida pelo autor. Assim, caso o paciente ultrapasse esta porcentagem o desafio será diminuído, proporcionalmente. Caso a média de batimentos atinja 95% do batimento

máximo a sessão é interrompida pelo software.

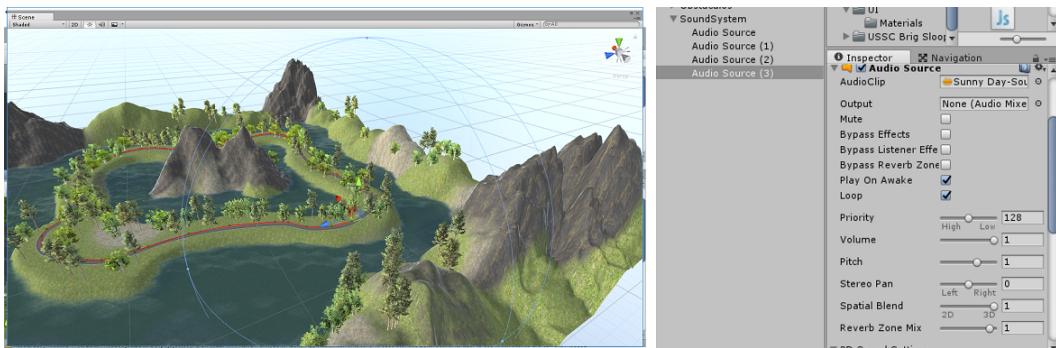
Com o intuito de levar em consideração os problemas enfrentados amputados, o GIM, em uma pesquisa paralela, propõe a inclusão de um novo fator no processo de análise do estado de Flow para amputados. ??) sugerem que os problemas relacionados ao estado emocional do paciente (avaliados pelo questionário SF-36 (??)), que as particularidades enfrentadas por pacientes protetizados (mensurados pelo questionário TAPES (??)) e a independência nas atividades de vida diária do amputado (analisado no questionário de Média Funcional de Amputados (??)) sejam contemplados nas atividades motivacionais que incluem a Teoria do Flow. Com a combinação desses questionários foi gerado um novo questionário (Apêndice F) capaz de gerar um valor escalar, denominado Coeficiente Funcional (CF), que representa à condição do paciente. Assim, um paciente com o CF alto deve ser mais desafiado que um paciente com o CF baixo.

Da forma que foi elaborado, o sistema DDA leva em consideração o estado emocional do indivíduo, suas dificuldades com a prótese, o seu desempenho na partida e seus dados clínicos. Uma pesquisa está sendo desenvolvida no GIM para a introdução da fadiga muscular neste cálculo. Esta variante pode ser detectada através do sensor de eletromiografia somado a um sensor acelerômetro. Nesse modelo apresentado existem duas situações onde o desafio proposto ao paciente pode ser menor do que o ritmo que ele está pedalando, ou seja, quando o fator desafiante é negativo. No primeiro cenário onde isso ocorre é quando o paciente teve desempenhos negativos, não atingindo o objetivo no tempo estipulado, então deve-se ter um desafio menor para evitar a frustração. Outra circunstância é quando a sua taxa de batimentos cardíacos apresenta-se elevada, o sistema dá conta de diminuir o ritmo do exercício em execução.

Os efeitos sonoros como som da bicicleta, música ambiente, sons da natureza (som do mar para pista na praia, som de vento nas árvores e pássaros cantando) compõe o Victus VR. Esse sistema ainda conta com um efeito de som 3D onde os sons do mar do meu lado esquerdo são escutados no auto-falante esquerdo e quanto mais distante mais baixo o áudio é reproduzido, o jogador tem a opção de utilizar os fones de ouvido durante a sessão. Esse elemento depende do AudioSource presente na Unity 3D (Figura 30) em conjunto com o AudioListener localizado no personagem. (??) frisa em seu estudo a capacidade de causar a sensação de imersão que um sistema de sons tem. Esses apontamentos relacionados a imersão são fatores contribuintes para o alcance do estado de Flow.

Elementos como pontuação, sistema de objetivos, sons, e a diversão proporciona-

Figura 30 – À esquerda, a fonte de áudio e o seu alcance no cenário. À direita, as opções de manipulação do AudioSource.



Fonte: Autor.

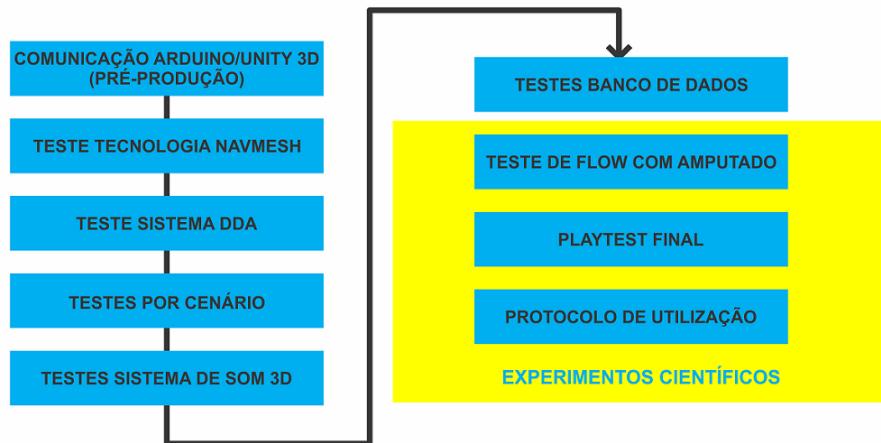
nada são elementos que estão de acordo com os propósitos da gamificação. De um outro modo, são esses fatores que tornam o Victus Vr um jogo, diferenciando o mesmo de um simulador, que reproduz situações da vida real em ambiente virtual seguro. Esses elementos são capazes de transmitir reforços à motivação tanto intrínseca quanto extrínseca e, desta forma promover o engajamento ao indivíduo.

4.4 Teste e Validação

Uma série de testes foram realizados durante todo o processo de desenvolvimento desta pesquisa. Os testes podem ser divididos em duas categorias distintas: Testes de software, cuja principal característica é a análise de protótipos e novas tecnologias, nesse caso demos jogáveis; Experimentos científicos, são testes mensurados através de questionários os quais fornecerão dados para avaliação científica com base na hipótese levantada pelo estudo. Os dados coletados nos questionários após os experimentos condizem com abordagem tanto qualitativa quanto quantitativa. A sequência de testes executadas no projeto estão relacionadas na Figura 31.

A metodologia utilizada para os testes de software condizem com o método Scrum. A análise dos protótipos resultaram na melhoria do software e análise de elementos do jogo. Os testes que tinham como objetivo validar novas tecnologias (comunicação com Arduino, comunicação com banco de dados, sistema DDA) tiveram como resultado a utilização desses sistemas na versão final da ferramenta. Esse molde de testes, onde versões do jogo são colocadas a prova, são chamados PlayTest. Tem como base principal a observação do comportamento das tecnologias experimentadas.

Figura 31 – Sequência de testes.



Fonte: Autor.

Um Playtest também tem como objetivo principal eliminar desafios não intencionais causados por problemas na mecânica e usabilidade do jogo. Os desenvolvedores optam por aplicar o Playtest de forma iterativa para testar versões iniciais do jogo com jogadores experientes que possam oferecer um feedback sobre o produto. Os testes que avaliam os protótipos durante o desenvolvimento do jogo geraram relatórios sobre o funcionamento da tecnologia. Para validar o desenvolvimento do Victus VR, de forma geral, foi aplicado um Playtest elaborado para avaliação da versão final da ferramenta. Baseado na metodologia Playtests para jogos sérios sugerida por (QUINN et al., 2013) em seu artigo, foi gerado um documento Apêndice E contendo perguntas relevantes a respeito do jogo quanto a sua jogabilidade, mecânica e usabilidade que foram respondidas por voluntários que tinham uma boa experiência com jogos.

Outro teste efetuado discorre sobre a funcionalidade da ferramenta quanto ao sentimento de Flow. Esse teste é baseado na técnica desenvolvida por (??) que propõe uma forma de avaliar o Flow em atividades. Nele são abordados as principais condições para se chegar ao estado de Flow. Essa métrica é feita através de perguntas do tipo "Você precisou se esforçar para manter-se concentrado na atividade" e "Você se suas habilidades no mesmo nível do desafio do jogo", entre outras. O paciente deve responder em uma escala Likert variando entre valores 1 a 5 condizente com as respostas "discordo fortemente" ao "concordo fortemente". O formulário completo pode ser visto no ApêndiceG.

Com o intuito de avaliar a ferramenta do ponto de vista dos fisioterapeutas, um outro questionário foi aplicado aos profissionais da área (Apêndice H). Nele é avaliada a ferramenta quanto a sua funcionalidade no processo de reabilitação física levando em

consideração a opinião de quem tem experiência e acompanha de perto esse processo. Questões discursivas também fazem parte do formulário, assim o fisioterapeuta pode opinar e contribuir na melhoria do sistema.

Os experimentos obedeceram ao Protocolo de Aplicação Experimental da Ferramenta do Apêndice I. Esse protocolo foi desenvolvido para servir de guia para os fisioterapeutas realizarem produção de resultados. Dessa maneira, é possível a comparação do desempenho do jogador utilizando a ferramenta e não utilizando a ferramenta, para a comparação de resultados. Os testes com paciente amputado pode está ilustrado na Figura 32. Vale salientar que o Questionário de Coeficiente Funcional que faz parte do protocolo é aplicado pelo fisioterapeuta.

Figura 32 – Registro de teste com paciente amputado



Fonte: Autor.

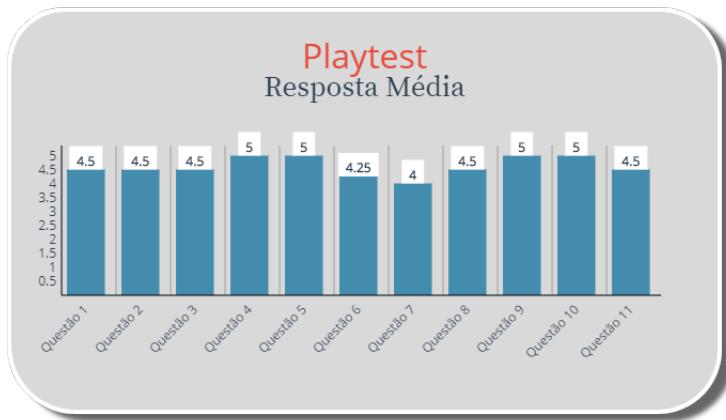
Assim a ferramenta pôde ser avaliada do ponto de vista científico. Com base nesse tipo de teste pode-se obter indícios do quanto ela corresponde à proposta realizada como solução para o problema dessa pesquisa.

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Uma ferramenta funcional e estruturada, por si só, é o resultado das etapas de desenvolvimento de software e também é fruto dos testes bem sucedidos que proporcionaram o aprimoramento da mesma. Além disso, o Victus VR não se limita a ser apenas um jogo sério motivacional, ele também fornece dados clínicos o apoio a reabilitação física. Não só o sistema computacional como todo seu protocolo de aplicação.

Os resultados do Playtest da versão final demonstram que a ferramenta apresenta boa jogabilidade, boas mecânicas e uma interface gráfica agradável. Quatro voluntários preencheram o questionário após utilizar a plataforma, entre eles um paciente e um fisioterapeuta. As respostas coletadas pelo questionário de Playtest ficaram entre os valores 4 e 5, indicando a satisfação do jogador (Figura 33).

Figura 33 – Média de respostas do questionário



Fonte: Autor.

Pode-se concluir da avaliação feita pelos fisioterapeutas que a ferramenta é útil, que os dados clínicos coletados são de boa serventia e o potencial motivacional é notável. Algumas declarações como "trabalhos inovadores nesta parte da população tão carente de recursos para melhorar sua auto estima" e "esse trabalho fornece uma motivação grande, muito importante na reabilitação física" são feitas quando pedido a opinião deles à respeito dos benefícios da utilização do sistema. O gráfico da Figura 34 retrata as respostas das questões objetivas. Quatro profissionais foram submetidos à responder esse teste.

O questionário de Flow só foi aplicado uma vez ao paciente amputado. O mesmo deu resposta máxima para todas as perguntas. Esse resultado dá um forte indício a respeito do estado de Flow, porém o mesmo é muito subjetivo e foge ao escopo do autor dessa pesquisa julgar e interpretar esse questionário. Além do mais, para uma avaliação desse

Figura 34 – Resposta média dos fisioterapeutas

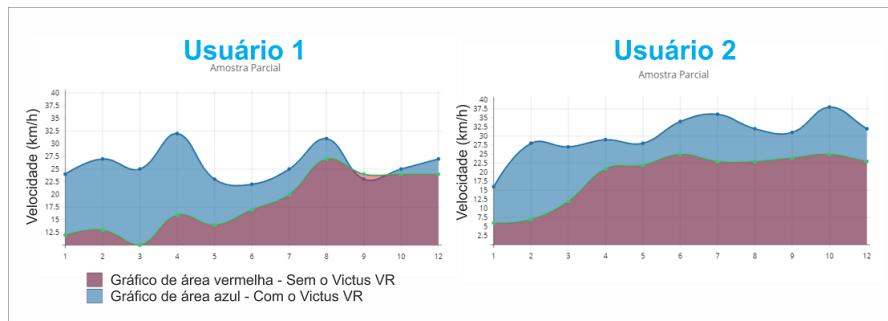


Fonte: Autor.

tipo seria necessária a realização de um número maior de testes aplicados.

Como o protocolo de aplicação sugere, o experimento compara os dados obtidos quando o paciente está realizando o exercício sem o estímulo do jogo com o desempenho dele quando utiliza o Victus VR. As informações obtidas pelo banco de dados são exibidos na Figura 35. A coleta foi feita a cada 15 segundos, e o gráfico é baseado na velocidade como indicador. Somente duas pessoas foram submetidas à aplicação nesse modelo sugerido pelo protocolo, devido a escassez de contingente que se encaixem no perfil: paciente amputado, protetizado com condições de fazer exercícios físicos em uma bicicleta.

Figura 35 – Gráfico de amostras parciais de velocidade.



Fonte: Autor.

Com base nos resultados obtidos fica evidente que jogos sérios são ferramentas hábeis no tratamento da baixa motivação na reabilitação física de pacientes amputados do membro inferior. A aplicação desse tipo de ferramenta no estímulo à exercícios, à reabilitação e em outros âmbitos da área da saúde já é tratado em diversos exemplares

acadêmicos. A plataforma Victus VR traz elementos que são direcionados ao estímulo de pacientes amputados em suas particularidades.

Os resultados promissores reconhecidos pelos fisioterapeutas fundamentam a utilização da ferramenta. Os outros resultados indicam a qualidade do software e seu uso quanto instrumento que atua na motivação. Sabe-se da necessidade de mais testes para validar questões como a do Coeficiente Funcional em relação à sua influência no alcance do estado de Flow. Também há carência de testes que apontem o diferencial motivacional do Victus VR, mas pacientes devem testar o jogo futuramente. Pretende-se seguir aprimorando a ferramenta com o Grupo de Informática Médica. O projeto foi pensado para utilização de equipamentos de realidade virtual imersiva, porém, não há disponibilidade destes apetrechos para o GIM. Assim que possível o Victus VR será adaptado para utilização dessa tecnologia.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON-HANLEY, C. et al. Exergaming and older adult cognition: a cluster randomized clinical trial. **American journal of preventive medicine**, Elsevier, v. 42, n. 2, p. 109–119, 2012.
- ARDUINO. **About US**. 2018. Disponível na Internet: <<https://www.arduino.cc>>.
- ARRIEIRA, M. d. S. R.; AMARAL, E. M. H. d.; JÚNIOR, J. D. S. Victus: Uma solução computacional aplicada na reabilitação física de indivíduos amputados de membros inferiores. 2017.
- BARBANTI, V. J. **Dicionário de Educação Física e esporte -Dicionário de Educação Física e esporte**. [S.l.]: Barueri: Manole, 2003.
- BENEDETTO, K. M. D.; FORGIONE, M. C. R.; ALVES, V. L. R. Reintegração corporal em pacientes amputados e a dor-fantasma. **Acta fisiátrica**, v. 9, n. 2, p. 85–89, 2002.
- BERNARDES, M. M. S.; LINDEN, J. C. d. S. Van der. **Design em pesquisa**. [S.l.]: Instituto de Inovação, Competitividade e Design (IICD) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.
- BERTRAN, F. A. The revolution of fun. **Tese de Mestrado**, 2014.
- BLOIS, M. S.; SHORTLIFFE, E. H. Medical informatics: Computer applications in health care. In: SHORTLIFFE, E. H. et al. (Ed.). Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1990. cap. The Computer Meets Medicine: Emergence of a Discipline, p. 3–36. ISBN 0-201-06741-2. Disponível na Internet: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=87786.87787>>.
- BRAGA, A. et al. Jogos como sistemas: análise dos elementos do jogo que divertem o jogador. **Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**, 2007.
- CATALDI, P. C. P. Game design e reabilitação: investigação de parâmetros para a concepção e avaliação de jogos para reabilitação de pacientes vítimas de ave. **Universidade Federal de Brasília**, 2017.
- CGTRADER. **CGTRADER**. 2018. Disponível na Internet: <<https://www.cgtrader.com>>.
- CLEMENT, L. et al. Motivação autônoma de estudantes de física: evidências de validade de uma escala. **Psicología Escolar e Educacional**, scielo, v. 18, p. 45 – 55, 06 2014. ISSN 1413-8557. Disponível na Internet: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-85572014000100005&nrm=iso>.
- COONRADT, C. A.; BENSON, L. **Scorekeeping for Success**. [S.l.]: Game of Work, Incorporated, 1998.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. Flow. the psychology of optimal experience. new york (harperperennial) 1990. 1990.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. **Psychological inquiry**, Taylor & Francis, v. 11, n. 4, p. 227–268, 2000.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. **Handbook of self-determination research**. [S.l.]: University Rochester Press, 2002.

DONALD, R. M. Da imersão à emoção: a presença em jogos digitais. **Universidade do Vale do Itajaí, Biagaçu**, 2006.

FERNANDES, F. G.; OLIVEIRA, L. C. de; CARDOSO, A. Serious game para auxílio na realização de exercícios fisioterapêuticos utilizando kinect e realidade virtual. In: **SBC Proceedings of SBGames 2015**: Simpósio brasileiro de jogos e entretenimento digital. [S.l.: s.n.], 2015.

FREEPBR. **FreePBR**. 2018. Disponível na Internet: <freepbr.com>.

GAMA, A. D. et al. Ikapp-a rehabilitation support system using kinect. **Proceedings of the 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality**, 2012.

GRIDLING, G.; WEISS, B. Introduction to microcontrollers. **Vienna University of Technology Institute of Computer Engineering Embedded Computing Systems Group**, 2007.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens IIs 86**. [S.l.]: Routledge, 2014.

JESUS-SILVA, S. G. de et al. Analysis of risk factors related to minor and major lower limb amputations at a tertiary hospital. **Jornal Vascular Brasileiro**, Sociedade Brasileira de Angiologia e de Cirurgia Vascular, v. 16, n. 1, 2017.

JOHNSON L., A. B. S. E. V. F. A. **New Horizon Report: 2014 Higher Education Edition**. [S.l.]: The New Media Consortium, 2014.

KOLOSSVÁRY, E. et al. Trends in major lower limb amputation related to peripheral arterial disease in hungary a nationwide study 2004-2012. **European journal of vascular and endovascular surgery the official journal of the European Society for Vascular Surgery**, v. 50 1, p. 86, 2015.

LENS, W.; MATOS, L.; VANSTEENKISTE, M. Professores como fontes de motivação dos alunos: o quê e o porquê da aprendizagem do aluno. **Educação**, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, v. 31, n. 1, 2008.

LOHSE, K. et al. Video games and rehabilitation: using design principles to enhance engagement in physical therapy. **Journal of Neurologic Physical Therapy**, LWW, v. 37, n. 4, p. 166–175, 2013.

MARCZEWSKI, A. C. **Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking and Motivational Design**. [S.l.]: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.

MARTINS, C. et al. Um serious game em saúde bucal contra o táraro. In: **SBC Proceedings of SBGames 2015**. [S.l.: s.n.], 2015.

MARTINS, N. A. Sistemas microcontrolados. **Uma abordagem com o Microcontrolador PIC 16F84. Editora Novatec Ltda, 1^a edição**, 2005.

MASTROCOLA, V. M. Ludificador: um guia de referências para o game designer brasileiro. **São Paulo: Independente**, 2012.

MICROBERTS, M. Arduino básico. **Novatec Editora, 2^aed**, 2015.

MEURER, S. T.; PALMA, L. E. Motivação para a prática de atividades físicas de pessoas amputadas. **Pensar a prática**, v. 13, n. 3, 2010.

Ministério da Saúde. **Diretrizes de Atenção á Pessoas Amputadas**. [S.l.], 2013.

MORRIS, T. A.; MCCAIN, K. W. The structure of medical informatics journal literature. **Journal of the American Medical Informatics Association**, BMJ Group BMA House, Tavistock Square, London, WC1H 9JR, v. 5, n. 5, p. 448–466, 1998.

NAKAMURA, C. C. et al. Motivação no trabalho. **Maringa Management: Revista de Ciências Empresariais**, v. 2, n. 1, p. 20–25, 2005.

NETTO, A. V. Realidade virtual - definições, dispositivos e aplicações. 03 2002.

NUNES, M. B. Running wheel: Proposta e análise de um exergame motivacional para corrida. **Tese de Mestrado**, 2014.

OLIVEIRA, L. C. de et al. Realidade virtual aplicada no desenvolvimento de um serious game para reabilitação de cadeirantes utilizando kinect. In: **SBC Proceedings of SBGames 2016: Simpósio brasileiro de jogos e entretenimento digital**. [S.l.: s.n.], 2016.

OÑA, E. D. et al. Effectiveness of serious games for leap motion on the functionality of the upper limb in parkinsons disease: A feasibility study. **Computational intelligence and neuroscience**, Hindawi, v. 2018, 2018.

PENIDO, E. d. C. C.; TRINDADE, R. S. **Microcontroladores**. [S.l.], 2013.

PERKINS, Z. B. et al. Factors affecting outcome after traumatic limb amputation. **BJS**, v. 99, n. S1, p. 75–86, 2012. Disponível na Internet: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bjs.7766>>.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico-2^a Edição**. [S.l.]: Editora Feevale, 2013.

QUINN, M. M. et al. Methodology for playtesting serious games a case study using a mixed method approach. In: IEEE. **Games Innovation Conference (IGIC), 2013 IEEE International**. [S.l.], 2013. p. 222–227.

REEVE, J. **Motivação E Emoção** . 4. ed. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2006. ISBN 9788521625216.

ROGERS, S. **Level Up! The guide to great video game design**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2014.

- SILVA, A. P. M. da C. Amputação e reabilitação estudo dos aspectos psico-legais do sujeito com amputação. **Tese de Mestrado**, 2006.
- SUTHERLAND, J.; SCHWABER, K. The scrum guide. **The definitive guide to scrum: The rules of the game**. Scrum. org, v. 268, 2013.
- TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. A. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. [S.l.]: Editora SBC, 2006.
- UNITY. **Unity 3D**. 2018. Disponível na Internet: <<https://unity3d.com/pt>>.
- UNWIN, N. Epidemiology of lower extremity amputation in centres in europe, north america and east asia. **BJS**, v. 87, n. 3, p. 328–337, 2000. Disponível na Internet: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2168.2000.01344.x>>.
- WYATT, J.; LIU, J. L. Y. Basic concepts in medical informatics. v. 56, p. 808–12, 12 2002.

**APÊNDICE A — DOCUMENTO DE REQUISITOS E DESCRIÇÃO TEXTUAL
DO SOFTWARE**

Requisitos do Software Victus VR

1. Introdução

Este documento determina quais as exigências que o software deve respeitar no processo de desenvolvimento, elas se classificam em Requisitos Funcionais, onde haverão as principais funcionalidades do software em si, e Requisitos Não Funcionais, os quais devem ser requisitos que delimitam as opções de desenvolvimento do sistema e estão ligados a segurança, a plataforma de tecnologia de desenvolvimento do software, a usabilidade, entre outros, e finalmente tem-se os Requisitos Desejáveis que são uma classe de requisitos que não representam exigências no modelo de software desenvolvido mas sim uma sugestão que, quando estiver ao alcance, deve ser implementada e incorporada ao software.

2. Requisitos Funcionais

- O Software deve ser implementado na forma de um jogo que simula uma corrida de bicicleta.
- O sistema deve permitir a coleta, o tratamento e a exibição dos dados provenientes do nó sensor da ferramenta Victus.
- O jogo deverá ser controlado a partir de dados coletados do Hardware da plataforma Victus.
- É necessário uma modalidade do jogo onde o personagem possa competir contra sua própria performance anterior naquele cenário (gravada e reproduzida durante a partida atual).
- O jogo deve ter, pelo menos, três cenários.
- É necessária a implementação de um módulo que trate os dados clínicos do paciente e alerte caso haja alguma atividade arriscada.

3. Requisitos Não Funcionais

- O jogo funcionará na plataforma PC e, quando possível, será adaptado a um óculos de realidade virtual de alto desempenho.
- O usuário deve ter cadastro com senha.
- Os dados do usuário só serão acessados por ele e pelo fisioterapeuta responsável.
- Os fisioterapeutas devem ser cadastrados previamente.

4. Requisitos Desejáveis

- Migração para plataforma de óculos de Realidade Virtual.
- Integração com Victus

VICTUS VR – Descrição de Modelo e Planejamento do Software

O serious game Victus VR coloca em prática a Gamificação com base no livro Design em Pesquisa, capítulo 14: Gamificação ou Ludificação. Para aprimorar o processo de gamificação como ferramenta motivacional o Victus VR emprega propriedades de jogos com foco nas características destacadas pela Teoria da Autodeterminação.

- Afinidade: A necessidade de aceitação. Necessidade de fazer parte de um grupo.
- Capacidade ou Competência Percebida: O sentimento de poder realizar certa ação.
- Autonomia: Dar espaço ao usuário para que ele determine alguns objetivos, como se ele fosse a origem.

1. Características do Jogo

1.1. Fases e Cenários

O jogo possuirá três cenários distintos onde o personagem terá que evoluir (conseguir atingir determinados objetivos) para poder desbloquear outros cenários. Os cenários deverão ser modelados como paisagens tranquilas, ao ar livre, que possam transportar, de certa forma, o usuário para fora do ambiente clínico. Um cenário de praia, um cenário de montanhas e rios, um cenário de floresta. Além de estimular o paciente a melhorar sua performance nas sessões de fisioterapia e ter uma recuperação mais rápida um dos objetivos do Victus VR é incentivá-lo às práticas de esportes ao ar livre, nesse caso o ciclismo, levando o que ele vivenciou no jogo para a vida real. Para melhor atingir estes objetivos os cenários têm gráficos realistas que favorecem a sensação de imersão presenciada pelo paciente.

1.2. Elementos da Interface do Usuário

O jogador terá em sua tela a exibição de dados clínicos coletados pelo hardware do Victus o qual exibirá Batimentos Cardíacos por Minuto (BPM), Eletromiografia assim como velocidade e distâncias percorridas. Os objetivos a serem alcançados também serão exibidos assim como mensagens motivacionais. Um cronômetro marcará o tempo de sessão e a fase será finalizada conforme o tempo estipulado pelo fisioterapeuta supervisor. Caso algum dado clínico esteja fora do normal a sessão será pausada.

1.3. Sistema de Pontos e Premiações

O principal recurso de Gamificação é um processo de recompensas bem definido. Uma validação da capacidade do indivíduo torna-se um ótimo motivador. O jogo possui três formas de recompensa: Pontos.

- Pontos – São automaticamente contabilizados ao se atingir objetivos.

1.4. Modalidades de Jogo

Das modalidades do Victus VR serão implementados dois modos diferentes de se competir.

a) **Modo Sessão** – Nesse modo principal preocupação do paciente é pedalar. Os objetivos serão resumidos à “Alcançar [determinado ponto] da pista em [determinado tempo]”. Uma

característica importante desta modalidade é que caso o jogador tenha dificuldades em atingir as metas estabelecidas elas serão recalculadas com base em suas dificuldades. Esta é uma estratégia para não frustrar o paciente, uma forma de estimulá-lo mesmo que o indivíduo não tenha o rendimento tão promissor como de outros jogadores. Lembrando que o percurso da pista de corrida é efetuado automaticamente, o usuário não pode interagir com o jogo a ponto de sair da pista de corrida pois a programação não permitirá que o faça.

b) Modalidade Fantasma – O principal objetivo desta modalidade é a superação. Para que isso ocorra, o paciente terá o seu desempenho armazenado durante uma sessão prévia para que possa ser reproduzido depois. Em uma outra sessão, na Modalidade Fantasma, o paciente competirá contra seu antigo desempenho reproduzido, ou seja, haverá um personagem fantasma que fará o percurso com o mesmo tempo e desempenho que ele fez no passado e nesta partida o jogador deverá se manter a frente do seu fantasma, isso dará a oportunidade do usuário se ultrapassar e enxergar a sua evolução de uma forma imediata. Apesar de ser uma forma de estímulo imediato, esta modalidade terá atenção voltada também aos dados clínicos do paciente, não permitindo que este se altere a ponto de prejudicar a sua saúde.

APÊNDICE B — SPRINTS

Documentação Scrum

As Sprints estabelecidas com base nos requisitos.

Sprint	Tempo	Prioridade
Modelagem de Cenário 1	2 semanas	A
Modelagem de Cenário 2	2 semanas	A
Modelagem de Cenário 3	2 semanas	A
Modelagem de Personagens	4 semanas	A
Mecânica do Jogo	2 semanas	A
Sistema de Pontuação	2 semanas	B
Modelagem dos Elementos	2 semanas	B
Sistema de Cadastro	2 semanas	B
Banco de Dados	4 semanas	B
Sistema de Pontuação	2 semanas	B
Modalidade Contra Fantasma	2 semanas	B
Menu inicial	2 semanas	B

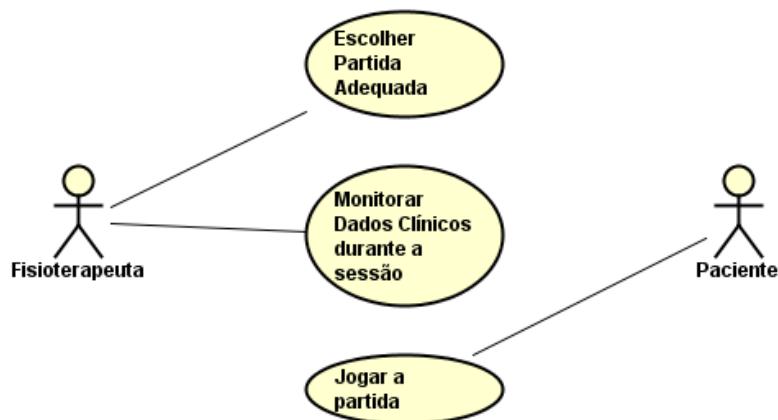
APÊNDICE C — CASOS DE USO

Casos de Uso do Software Victus VR

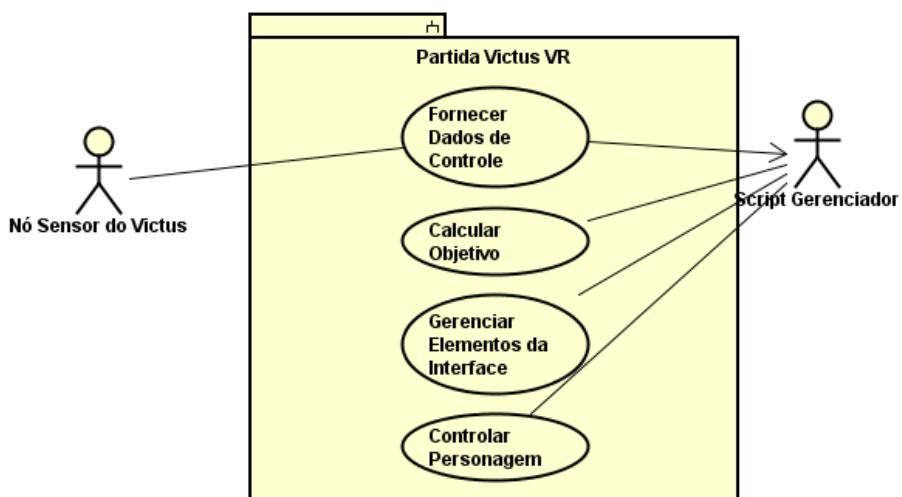
1. Introdução

Este documento representa os casos de uso abordados na modelagem do Victus VR nesta primeira versão experimental.

2. Primeiro Caso



3. Segundo Caso



APÊNDICE D — *GAME DESIGN DOCUMENT*



VICTUS VR

Documento de Projeto de Jogo (GDD)
Versão 2.0

Escrito por Gabriel Ladeia de Souza Costa

Data: 11/11/2018

Versão: 2.0

Objetivos do Jogo

O propósito é estimular pacientes amputados em processo de reabilitação física

Visão Geral da História

O paciente deve ter seu progresso com base nas conquistas de objetivo e tempo de jogo.

Condições de Vitória / Derrota

O paciente ganha pontos, troféus e moedas a partir do seu progresso no jogo. O progresso é medido através do quanto é capaz de se superar e atingir os objetivos propostos.

FATOR DESAFIANTE

$$DD = 2 \times D30 + \frac{CF}{10} \times \left(\frac{B[5]}{5} + \frac{R[3]}{3} \right)$$

DD - Distância do desafio

D30 - Distância percorrida em 30 segundos

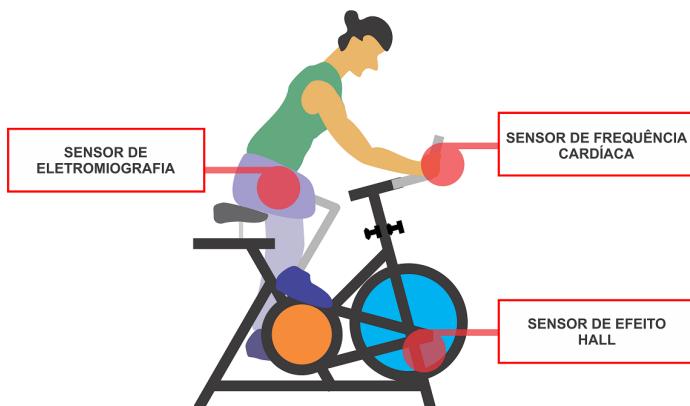
CF - Coeficiente Funcional

B[5] - Últimas 5 amostras de BPM

R[3] - Rendimento dos últimos 3 objetivos

Controles do Jogo

PACIENTE EM SESSÃO DE EXERCÍCIOS



Velocidade e distância percorridas capturadas através de sensores posicionados em uma bicicleta ergométrica. Os sensores fazem parte da plataforma de prototipagem de hardware Arduino

Exigências de Tecnologia

Game desenvolvido com a game engine Unity 3D
Controle desenvolvido com a plataforma de prototipagem de hardware Arduino
Linguagem de programação C# e JavaScript
Banco de Dados MySQL
Câmera de visão em primeira pessoa
Sistema operacional Windows

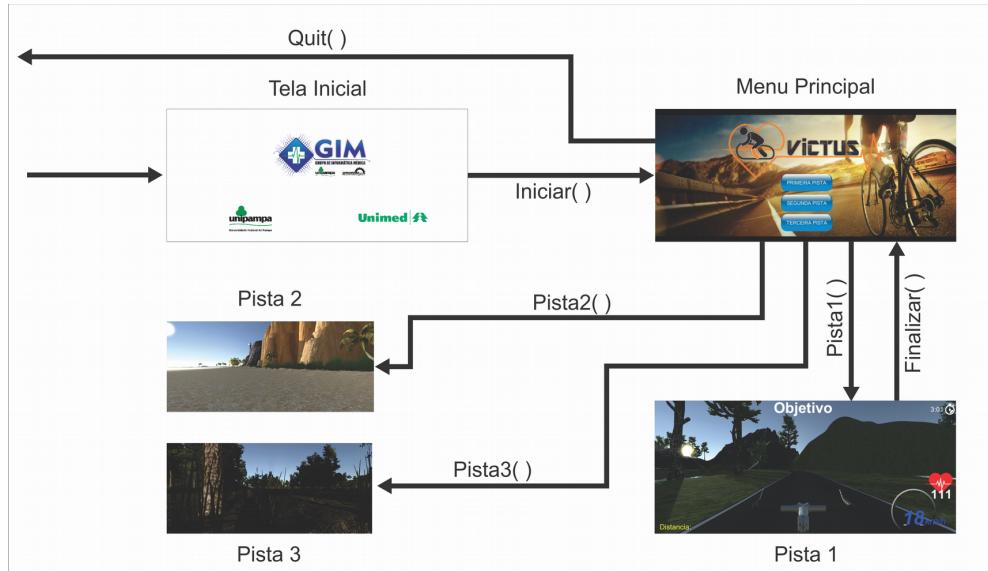
Front end do Jogo



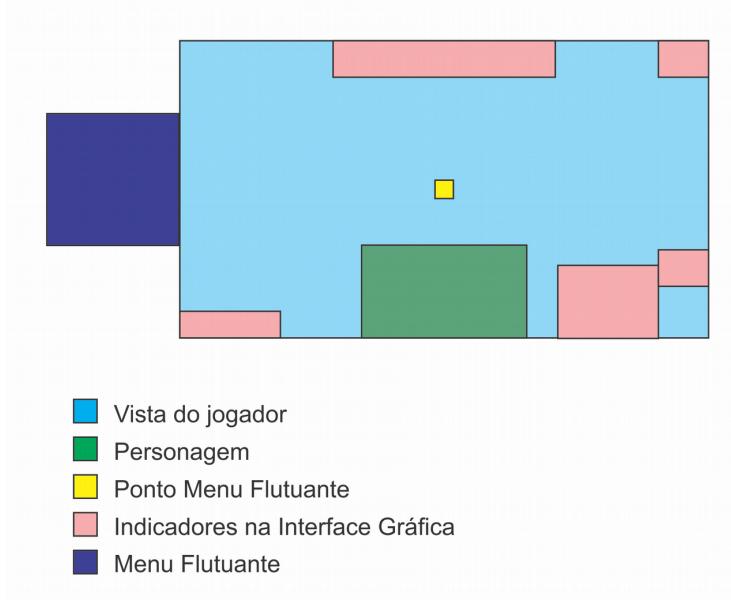
Tela de Título



Fluxo de Jogo



Sistema de HUD



Personagem do Jogador

O personagem é um ciclista amputado.

Níveis de Jogo

Adaptável através de um sistema DDA.

Métrica do Jogador

Atingir os objetivos propostos e acumular pontos.

Mecânicas do Jogador

Velocidade percorrida em uma bicicleta

Visão do Jogador

Primeira pessoa.



Pontuação

Com base no tempo restante no cumprimento do objetivo.

Música e Efeitos Especiais

Trilha Sonora: Monplaisir – 12 A Good Start

Efeitos Sonoros: Bicicletas
Barulho das ondas
Pássaros e vento nas árvores

APÊNDICE E — PLAYTEST - VICTUS VR

Play Teste - Victus VR

1. Introdução

Este documento pretende analisar o jogo quanto a sua jogabilidade, as mecânicas envolvidas e a sua usabilidade. A aplicação deste questionário é feita após o participante experimentar o jogo Victus VR. A resposta é dada em uma escala de 0 a 5 onde o indivíduo deve assinalar o 0 quando há total insatisfação com o item questionado e 5 quando há o maior grau de satisfação a respeito do tema perguntado.

2. Gameplay

- O jogo fornece objetivos bem definidos?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- Você consegue ver o seu progresso dentro do jogo?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- O jogador se sente em controle do jogo?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- Tem desafio e progresso são equilibrados?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- A primeira experiência foi animadora?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

3. Mecânica

- A mecânica do jogo é consistente durante o jogo?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- Os controles são fáceis de aprender?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- A mecânica do jogo é condizente com os controles?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

3. Usabilidade

- A interface do usuário é familiar?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- Os elementos estão bem dispostos na tela?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- O retorno de desempenho é adequado?

() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

APÊNDICE F — QUESTIONÁRIO DO COEFICIENTE FUNCIONAL

Questionário de Coeficiente Funcional

Em uma escala de 5 pontos, variando entre discordo totalmente e concordo totalmente. Neste caso, responda: 1 para discordo totalmente; 2 para discordo parcialmente; 3 para não concordo e nem discordo; 4 para concordo parcialmente; e 5 para concordo totalmente.

1- Em geral tenho uma saúde muito boa.

1 2 3 4 5

2 – Não sinto muita dor nessas últimas 4 semanas.

1 2 3 4 5

3 – A dor não interferiu nas minhas atividades.

1 2 3 4 5

4- Eu não tenho dificuldade pra falar sobre a minha amputação.

1 2 3 4 5

4-Tenho me sentido feliz a maior parte do tempo.

1 2 3 4 5

Responda as questões marcando a opção que melhor se encaixa com a sua situação.

1-Quanto tempo você tem se sentido desanimado ou abatido?

- a. Todo o tempo.
- b. Muito tempo.
- c. Às vezes.
- d. Pouco tempo.
- e. Nenhum tempo.

2-Quanto tempo você tem se sentido calmo ou tranquilo?

- a. Todo o tempo.
- b. Muito tempo.
- c. Às vezes.
- d. Pouco tempo.
- e. Nenhum tempo.

1- Tenho sentido dor Fantasma. Sim Não

Atualmente, você consegue realizar as seguintes atividades usando a sua prótese? Mesmo que, para isso, tenha que usar uma bengala ou qualquer outro auxílio para realizá-las?

NÃO = 0; SIM, se alguém me ajudar = 1; SIM, se alguém estiver próximo = 2; SIM, sozinho = 3

- a Levantar-se de uma cadeira?
 - b Pegar um objeto do chão quando você está em pé com a sua prótese?
 - c Levantar-se do chão? (por exemplo, se você tivesse caído)
 - d Andar pela casa?
 - e Andar fora de casa em piso liso?
 - f Andar fora de casa em piso irregular ou acidentado? (por exemplo, grama, cascalho, ladeira)
 - g Andar fora de casa com mau tempo, por exemplo, com chuva?
 - h Subir escadas segurando um corrimão?
 - i Descer escadas segurando um corrimão?
 - j Subir na calçada?
 - k Descer da calçada?
 - l Subir alguns degraus sem um corrimão?
 - m Descer alguns degraus sem um corrimão?
 - n Andar enquanto carrega um objeto ? (por exemplo, xícara ou copo, bolsa ou sacola)

3 4 2 5

APÊNDICE G — FLOW

Questionário

Escala do Estado de Flow

Classificação das Respostas:

1. Discordo Fortemente;
2. Discordo;
3. Não concordo nem Discordo;
4. Concordo;
5. Concordo Fortemente.

1-Você se sentiu desafiado pela complexidade do jogo, mas acreditou que suas capacidades lhe permitiriam enfrentar o desafio.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

2-Foi claro para você como estava sendo seu desempenho durante o jogo.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

3-Você se sentiu em total controle da atividade.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

4-Você se sentiu totalmente confortável ao realizar a atividade.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

5-Você se sentiu desconectado da noção de tempo.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

6-Você sentiu as suas habilidades no mesmo nível do desafio do jogo.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

7-Você não precisou se esforçar para se manter concentrado na atividade.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

8-Você não estava preocupado com as considerações das pessoas ao seu redor.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

9-Você achou a experiência recompensadora.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

Data: ____ / ____ / ____

APÊNDICE H — QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO - FISIOTERAPEUTAS

Questionário de Avaliação do Sistema Victus VR

- Fisioterapeutas -

Responda o questionário de acordo com a sua avaliação da utilização do sistema Victus. A indicação de sua resposta pode variar de 1 a 5, onde 1 significa a pior avaliação e 5 a melhor avaliação possível. Suas respostas são muito importantes para nossa pesquisa e, também, para melhorias no projeto. Muito Obrigado!

01 – A primeira vez que você utilizou o sistema, você teve a impressão de que o mesmo seria realmente útil na avaliação do tratamento de pacientes amputados de membros inferiores.

1[] 2[] 3[] 4[] 5[]

02 – O sistema possui uma interface de utilização intuitiva, agradável e de fácil uso.

1[] 2[] 3[] 4[] 5[]

03 – As informações coletadas pelo Victus VR são realmente relevantes para a avaliação da reabilitação física de pacientes amputados de membros inferiores.

1[] 2[] 3[] 4[] 5[]

04 – Os dados coletados pelo sistema são apresentados de maneira satisfatória, através dos campos na tela do jogador.

1[] 2[] 3[] 4[] 5[]

05 – O sistema exibe um desempenho confiável, sem apresentar delay, lentidão ou mau funcionamento.

1[] 2[] 3[] 4[] 5[]

06 – O sistema fornece as funcionalidades necessárias para o acompanhamento do progresso do paciente ao longo do tratamento de reabilitação física.

1[] 2[] 3[] 4[] 5[]

07 – A ferramenta é capaz de fornecer motivação ao paciente amputado.

1[] 2[] 3[] 4[] 5[]

08 – É notável a motivação dos pacientes ao utilizar a ferramenta.

1[] 2[] 3[] 4[] 5[]

09 – Descreva textualmente a sua opinião sobre a utilização do sistema e os possíveis benefícios do sistema.

10 – Acrescente sugestões de melhorias e alterações necessárias no sistema

APÊNDICE I — PROTOCOLO DE EXPERIMENTO

Protocolo de Aplicação Experimental – Victus VR

Este documento tem como objetivo auxiliar a aplicação da ferramenta VictusVR a um paciente amputado do membro inferior em caráter experimental. A sequência de etapas seguidas para o teste correto da ferramenta:

1 – Aplicação do Questionário do Coeficiente Funcional

Esse questionário deve ser aplicado pelo fisioterapeuta e arquivo com os documentos do paciente. As informações pessoais contidas nesse formulário ficam sob a proteção do sigilo terapeuta/paciente. O valor do coeficiente funcional é passado para o jogo na tela inicial da sessão, junto com o tempo estipulado para a sessão.

2- Primeira Sessão de Exercícios

A primeira sessão o paciente deve pedalar sem o estímulo da ferramenta Victus VR. Porém, a sessão deve estar em andamento para a leitura e gravação dos dados dos sensores. Esses dados serão comparados com os dados da segunda sessão. O tempo de sessão não deve ser muito longo para que o paciente não esteja desgastado fisicamente.

3- Segunda Sessão de Exercícios

Nesta segunda sessão, o paciente é submetido à utilização da ferramenta. A sessão deve ter a mesma duração da primeira. Os dados aqui coletados, quando comparados ao primeiro devem evidenciar a eficiência do estímulo da plataforma Victus VR.

4- Aplicação do Questionário de Flow

O paciente deve indicar com honestidade a resposta que melhor se encaixa nos questionamentos desse formulário. A intenção de medir o nível de concentração, a perda de noção temporal e outros fatores que condizem com o estado de Flow.