



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

Proposta de Jogo Sério para Reabilitação Motora

Tiago de Souza Araújo Manoel Ribeiro Filho

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Brasil



Figura 1: Tela do *Menu* do jogo.

Resumo

Jogos Sérios são jogos desenvolvidos para um determinado objetivo, no qual são utilizados processos interativos como forma de entretenimento com objetivo de auxiliar no aprendizado de algum conceito ou treinamento/desenvolvimento de alguma habilidade. A área de reabilitação fisioterapêutica tem utilizado os Jogos Sérios como ferramenta de auxílio no processo de reabilitação motora. Este artigo apresenta a proposta um Jogo Sério denominado Game de Apoio Fisioterapêutico – GAFT, o qual tem como foco principal a reabilitação motora de pacientes submetidos a tratamento fisioterapêutico. O desenvolvimento da ferramenta contou com a participação de 2 profissionais da área de domínio (1 fisioterapeuta e 1 terapeuta ocupacional) e com a participação de 5 pacientes que estão em reabilitação motora de membros superiores e/ou inferiores. Foi utilizada a métrica *System Usability Scale* (SUS) para avaliar o jogo proposto. A partir das respostas obtidas nos questionários foi possível verificar o atendimento dos critérios: facilidade de aprendizagem do jogo (86,25), eficiência do jogo (78,33), nível de inconsistências (75,00), satisfação do usuário (86,67) e facilidade de memorização (85,00). O *Score* SUS foi de (85,50), sugerindo que o jogo proposto possui utilidade no processo de reabilitação motora.

Palavras-chave: jogos sérios, fisioterapia, realidade virtual

Contatos:

tiagobethel@hotmail.com
manoelrib@gmail.com

1. Introdução

Na área da fisioterapia, a cinesiologia é o estudo do comportamento motor humano. Através desta se derivou a cinesioterapia que estuda formas de terapias voltadas para o tratamento de distúrbios de função por meio da realização de movimentos ativos e passivos, estimulando a área afetada e reeducando os movimentos [Silva e Filho 2014], sendo esta uma das áreas mais antigas a estudar os movimentos humanos.

Através do rápido avanço tecnológico tem sido possível para os pesquisadores desta área a utilização de métodos precisos para o registro dos dados referentes ao movimento do corpo humano, e acompanhamento de pacientes submetidos a procedimentos fisioterapêuticos voltados para reabilitação motora.

A gameterapia propõe a inserção dos jogos digitais no processo terapêutico produzindo interação entre o paciente e o ambiente virtual, simulando um ambiente real ou lúdico, no qual o paciente é desafiado a executar tarefas e vencer desafios, desenvolvendo assim sua capacidade visual, física, cognitiva, auditiva e psicológica [Cruz e Lima 2015]. Destacando-se por



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

apresentar jogos que simulam atividades esportivas e básicas de vida diária, que levam o paciente a desempenhar sua funcionalidade sem maiores riscos à saúde e melhorar sua qualidade de vida.

Para [Almeida e Bhatt 2012], a gameterapia predispõe ao favorecimento da melhoria da performance de atividades cognitivo-motoras, além de ser capaz de exercitar áreas cerebrais pertinentes à concentração, atenção, memorização, organização, criatividade, sequência lógica e aprendizagem.

Apesar de ser uma área de estudo recente, já houve resultados positivos, mostrando que com este tipo de técnica a realização de várias sessões de movimentos repetitivos é possível sem que o paciente se sinta desestimulado, sem contar que, com esta técnica, é possível que o paciente pratique exercícios de reabilitação em sua própria casa, visto que os dispositivos de captura e rastreamento de movimentos utilizados são de baixo custo se comparados a outros dispositivos de mesma finalidade.

Os jogos estão normalmente associados aos conceitos de diversão e entretenimento, mas eles também podem ser desenvolvidos e aplicados para auxiliar na resolução de problemas. Os chamados Jogos Sérios (JS) se apropriam no caráter lúdico e do engajamento que os jogos promovem para auxiliar no treinamento de pessoas, na simulação de ambientes reais ou ainda no tratamento de pacientes que precisam de reabilitação motora [Filho e Jucá 2015].

Com base no avanço tecnológico e no crescente uso dos jogos virtuais, clínicas de fisioterapia estão aderindo ao uso de jogos como elemento motivador no processo de reabilitação de pacientes, processo este conforme afirmação de [Balista 2013], tende a ser desestimulante pelo fato de conter exercícios que, em sua maioria, são repetitivos e tediosos.

É necessário que as execuções dos exercícios propostos sejam efetuadas de forma correta, levando em consideração a amplitude do movimento e a limitação do paciente decorrente da lesão. Diante disso, os JS emergem como forma de auxílio, tanto no estímulo para a execução dos exercícios quanto para a verificação da correta execução dos movimentos voltados para a recuperação do paciente.

Com vista ao desenvolvimento de um JS que atenda a real necessidade de pacientes, é necessário que haja o engajamento de especialistas de domínio, os quais

poderão auxiliar na produção da ferramenta. Utilizando *Design Participativo* para entender quais fatores afetam o uso do JS, o qual deve ser avaliado a fim de se obter *feedback* dos especialistas e dos pacientes.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo propor um *Jogo Sérico* direcionado para a reabilitação motora e realizar a avaliação dos componentes de qualidade e usabilidade do *Jogo Sérico* desenvolvido.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção está presente a fundamentação teórica. São abordados os temas relacionados a produção de Jogos sérios, a utilização da *System Usability Scale* (SUS) e captura óptica de movimentos.

2.1 Jogos Sérios

Os Jogos Sérios (JS) são direcionados não apenas para o entretenimento, mas também para o ensino e treinamento [Zyda 2005], tendo o propósito de educar ou treinar/desenvolver alguma habilidade.

Na área da saúde, JS são importantes por serem capazes de inserir mecanismos de entretenimento ao regime terapêutico convencional, onde o paciente deverá desenvolver as habilidades necessárias para progredir a níveis mais avançados, provendo também ferramentas de acompanhamento da evolução do paciente [Farias et al. 2014].

2.2 System Usability Scale (SUS)

A escala SUS [Brooke 1996] se baseia em um questionário composto por 10 perguntas, no qual, o participante assinala sua resposta seguindo a escala de Likert [Likert 1932], onde 1 significa “discordo completamente” e 5 significa “concordo completamente”. De acordo com [Tenório et al. 2010] é possível reconhecer os componentes de qualidade indicados por Nielsen nas questões do SUS, que são:

- **Facilidade de aprendizagem:** Avalia como os usuários assimilam os comandos disponibilizados no jogo.
- **Eficiência:** Avalia o desempenho de uma tarefa tendo como foco a análise da velocidade de execução e quantidade de erros.



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

- **Nível e inconsistência:** Avalia o nível de inconsistências apresentadas no jogo que afetam a interatividade e a usabilidade.

- **Satisfação do usuário:** Avalia o desempenho com relação ao conforto ou satisfação do usuário ao utilizar o jogo.

- **Facilidade de memorização:** Avalia como o jogo disponibiliza ao usuário elementos que oportunizam a possibilidade de lembrar da forma de utilização do jogo, mesmo após um tempo sem jogá-lo.

A SUS é uma escala de fácil entendimento dos resultados obtidos a partir da aplicação do questionário.

Também é fácil de administrar, possui boa confiabilidade e referências que auxiliam na interpretação de seu *score* [Kortum 2013].

Após o preenchimento da SUS, calcula-se a pontuação total. Para calcular o *score*, primeiro é somado o *score* de cada item que contribui em uma escala de 1 a 5. Para os itens 1, 3, 5, 7 e 9, o *score* individual é a nota recebida menos 1. Para os itens 2, 4, 6, 8 e 10, a contribuição é 5 menos a nota recebida. Multiplica-se a soma de todos os *scores* por 2,5 e assim é obtido o valor total do SUS [Brooke 1996].

Após a pontuação e o cálculo do *score*, é possível fazer a classificação do sistema avaliado [Bangor 2009]:

- 20,5 (pior resultado imaginável);
- 21 a 38,5 (resultado pobre);
- 39 a 52,5 (resultado mediano);
- 53 a 73,5 (resultado bom);
- 74 a 85,5 (resultado excelente);
- 86 a 100 (melhor resultado imaginável).

2.3 Captura Óptica de Movimentos

Algumas das tecnologias usadas para a captura de movimento existem desde a década de oitenta, sendo utilizadas em aplicações com propósitos médicos e militares [Gomide 2013].

Os JS têm lançado mão dessas tecnologias com objetivo de produzir maior interação dos jogadores com o ambiente virtual, trazendo a sensação de maior realidade dos movimentos dos personagens virtuais, inserindo-se como elemento motivador no processo interativo.

No entanto, vale ressaltar que os grandes sistemas de captura óptica requerem um considerável investimento financeiro, não sendo acessíveis para a grande maioria da população.

Diante desse contexto, observou-se a possibilidade da utilização do sensor *Kinect* Xbox 360 como dispositivo de captura óptica de movimentos, o qual representa uma tecnologia de baixo custo para os estudantes e profissionais e possibilita a interação do jogador em tempo real.

O *Kinect* possui um *hardware* que oferece diversos recursos para auxiliar no processo de reconhecimento de gestos e voz, os principais são: emissor de luz infravermelho, câmera RGB, sensor infravermelho, eixo motorizado e um conjunto de microfones dispostos ao longo do sensor [Fernandes et al. 2014].

A figura 1 apresenta a estrutura geral do dispositivo e seus componentes.

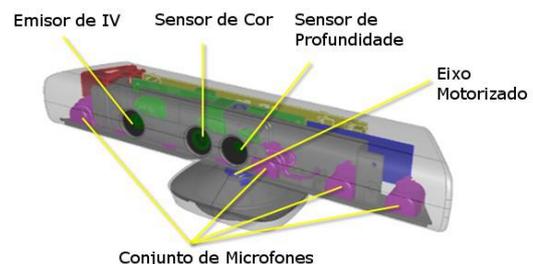


Figura 1. *Kinect* e seus componentes

3. Metodologia

Foram estabelecidas as seguintes etapas para o desenvolvimento do jogo proposto:

- Elicitação de requisitos;
- Abordagem de desenvolvimento baseada em prototipação;
- Modelagem e *design*;
- Definição das ferramentas e tecnologias utilizadas para produção do jogo;
- Desenvolvimento do jogo e realização de teste pelos profissionais e pacientes;

3.1 Elicitação de requisitos

Foram realizadas entrevistas com duas profissionais do domínio da aplicação (1 fisioterapeuta e 1 terapeuta



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

ocupacional) para fins de verificação das necessidades dos pacientes e dos profissionais no processo de tratamento com objetivo de elicitar os requisitos necessários à implementação de um Jogo Sérioo voltado para reabilitação motora.

Foi feito ainda o acompanhamento baseado em observação de sessões com os pacientes para fins de verificar quais os exercícios e mecanismos utilizados, visando mapear elementos do tratamento convencional para o ambiente virtual.

Foi feita uma escala de prioridades para classificação dos requisitos por ordem de importância e necessidade de implementação no jogo. A escala ficou com três níveis, sendo:

- **Essencial:** É o requisito sem o qual o sistema não entra em funcionamento. Requisitos essenciais são requisitos imprescindíveis, que têm que ser implementados impreterivelmente.
- **Importante:** É o requisito sem o qual o sistema entra em funcionamento, mas de forma não satisfatória. Requisitos importantes devem ser implementados, mas, se não forem, o sistema poderá ser implantado e usado mesmo assim.
- **Desejável:** É o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, isto é, o sistema pode funcionar de forma satisfatória sem ele. Requisitos desejáveis são requisitos que podem ser deixados para versões posteriores do sistema, caso não haja tempo hábil para implementá-los na versão que está sendo especificada.

Diante das informações coletadas e da escala de prioridades, foram definidos os requisitos funcionais [RFs] e não funcionais [RNFs] que o jogo deveria possuir, que são:

- **[RF 1] – Gerenciamento de pacientes (nível Essencial):** O jogo deverá prover meios de gerenciamento dos pacientes/jogadores, através de um cadastro com informações básicas, armazenando Nome, Telefone, Idade, Endereço, Sexo e data do cadastro. Sendo possível a qualquer momento, a realização de edição/atualização das informações cadastradas.
- **[RF 2] – Gerenciamento dos desafios que os pacientes realizarão (nível Essencial):** O jogo deve dispor de um sistema de desafios que objetivarão incentivar o paciente/jogador a realizar as atividades fisioterapêuticas de maneira interativa. A medida que o paciente/jogador realiza cada desafio, esse vai pontuando no game e evoluindo para o desafio seguinte.
- **[RF 3] – Captura de movimentos do paciente em tempo real (nível Essencial):** O jogo utilizará mecanismo de captura de movimentos do paciente em tempo

real, os movimentos deverão ser mapeados para o ambiente virtual e reproduzidos pelo personagem do jogo.

- **[RNF 4] – Gerenciamento de desempenho do paciente (nível Essencial):** O jogo deverá registrar em arquivo CSV o desempenho dos pacientes, levando em consideração (tempo total gasto, tempo gasto para realização de cada desafio levando em consideração a quantidade de repetições de cada desafio).
- **[RNF 1] – Emissão de Relatórios (nível Desejável):** O jogo disponibilizará na tela de consulta opção para geração de relatórios de desempenho do paciente e sua respectiva evolução.
- **[RNF 2] – Interface amigável (nível Importante):** O jogo tem que ser simples na sua interface gráfica e deverá considerar aspectos de usabilidade para seu desenvolvimento. Deve conter menus e botões de acesso que beneficiem a navegabilidade do usuário. O *game* deverá ser desenvolvido em língua portuguesa de tal forma que não exija conhecimentos especializados em informática para a sua operacionalização.
- **[RNF 3] – Sistema de ajuda (nível Importante):** O jogo deverá dispor de opções de ajuda, de forma a possibilitar ao usuário uma melhor compreensão do jogo, contribuindo no auto aprendizado da ferramenta desenvolvida.

3.2 Abordagem de Desenvolvimento

O processo de desenvolvimento de um Jogo Sérioo (JS) pode ser segmentado em duas fases: a fase conceitual e a física. A conceitual procura estabelecer bases que necessárias ao entendimento do comportamento e finalidade do produto e a física procura estabelecer os detalhes do *design*, o qual é composto por um ciclo interativo, visando o aprimoramento do produto e tendo como foco principal a perspectiva do usuário sobre o *design* proposto.

As versões iniciais do produto no início do desenvolvimento do produto são feitas de maneira simples e distante do que o produto final deverá se tornar. À medida que ocorrem as interações e *feedbacks* no processo de desenvolvimento, as suas versões evoluem e se aproximam com maior fidelidade do que produto irá se tornar na sua versão final. Essa abordagem de desenvolvimento se preocupa com a construção de versões iterativas, pode ser chamada de “prototipação e construção” [Preece 2005].

De acordo com [Engholm 2010], o protótipo é um instrumento extremamente útil e importante para validação de requisitos. Esses protótipos servem para demonstrar o sistema, como será a navegação entre as interfaces, os relatórios previstos e assim por diante,



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

reproduzindo o comportamento do futuro sistema a ser implementado.

Na prototipação é possível a verificação e descoberta de erros cometidos nos requisitos propostos inicialmente, possibilitando a equipe de desenvolvimento uma melhor percepção do que realmente é necessário. Desta forma, a especificação do sistema pode ser modificada para o correto entendimento dos requisitos.

Para [Baxter 1998] à medida que o desenvolvimento de um produto evolui, o mesmo deveria representar um menor risco, desde que as etapas de produção tenham sido percorridas de forma satisfatória e segura. Um elemento que poderá auxiliar nessa segurança é a utilização de protótipos, que poderão ajudar na verificação de funcionalidades do produto, ergonomia e qualquer outro fator para o qual o protótipo em questão tiver sido construído.

Esta abordagem tem por objetivo facilitar o entendimento dos requisitos, apresentando os conceitos e as funcionalidades, facilitando a compreensão do escopo que deverá ser utilizado no desenvolvimento do jogo proposto.

3.3 Modelagem e Design

A modelagem do JS proposto utilizou o diagrama de caso de uso da UML – *Unified Modeling Language* (Linguagem Unificada de Modelagem) com objetivo de auxiliar no entendimento dos requisitos elicitados e na comunicação entre a equipe desenvolvimento e os profissionais participantes. A Figura 1 apresenta o diagrama criado.

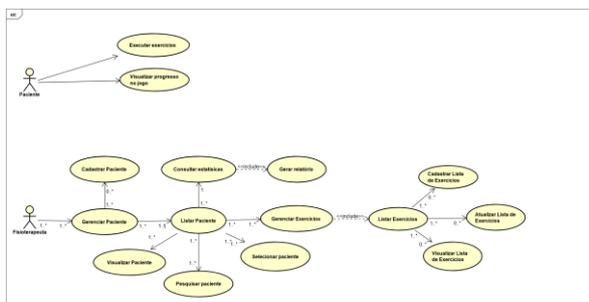


Figura 1: Diagrama de Caso de Uso

O design do JS proposto foi produzido utilizando a seguinte especificação:

Objetivo: Auxiliar na reabilitação motora de pacientes submetidos a tratamento fisioterapêutico;

Hardware: Sensor *Kinect* Xbox 360, o que é capaz de identificar até 48 pontos o corpo humano e processar os dados em tempo real com o uso de emissor e sensor infravermelho.

Software: GAFT é um jogo sério digital 3D, *desktop*, que objetiva inserir elementos motivacionais no processo de reabilitação de membros superiores e inferiores e que dispõem de recursos capazes de auxiliar o terapeuta na evolução do paciente.

Condições Obrigatórias:

- 1) Auxiliar nas sessões de fisioterapia;
- 2) Uso sempre acompanhado por um profissional;
- 3) Uso por crianças e adultos;
- 4) Uso individual (um paciente de cada vez);
- 5) Lista de exercícios configurável e direcionada para cada paciente;
- 6) Jogo 3D para obtenção de interação mais realista;
- 7) Deve armazenar dados de cadastro e desempenho do paciente;
- 8) Pontuação considera a lista de exercícios (desafios) realizados pelo jogador.
- 9) Deve possuir *feedback* visual das atividades realizadas pelo profissional (cadastro e seleção de exercícios) e pelo jogador (exercícios e pontuação).

Restrições:

- 1) Não fadigar o paciente;
- 2) Não exigir esforços inadequados

O jogo: O Game de Apoio Fisioterapêutico (GAFT) simula um ambiente de academia (elementos visuais e sonoros), onde o jogador tem por objetivo realizar os exercícios anteriormente cadastrados pelo profissional. Antes do início da execução de cada exercício, é apresentado ao jogador um pequeno vídeo contendo tutorial do exercício que deve ser executado para que o jogador tenha conhecimento prévio do movimento que deverá realizar. O jogo também possui *feedback* visual para o jogador (nome do jogador, cronômetro, quantidade de repetições feitas, quantidade de repetições a serem feitas e pontuação adquirida).



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

Navegabilidade: Se for a primeira vez que o paciente está jogando, é necessário que ele seja cadastrado pelo profissional, caso contrário, o paciente está apto para iniciar o jogo. O profissional poderá selecionar na lista de pacientes cadastrados, qual paciente irá jogar. A figura 2 ilustra a navegabilidade do jogo.

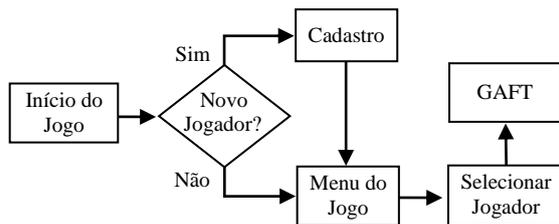


Figura 2. Navegabilidade do GAFT

Jogabilidade: O personagem virtual 3D reproduz em tempo real os movimentos realizados pelo paciente, possibilitando a interação entre o paciente e o personagem virtual.

Mecânicas: É apresentado ao paciente o exercício que deve ser executado e a quantidade de repetições, à medida que o paciente realiza determinado exercício, o jogo disponibiliza o próximo exercício cadastrado pelo profissional. Os exercícios são personalizáveis, possibilitando ao profissional criar lista direcionada para cada paciente e acompanhar a sua evolução.

Dados capturados: Todos os dados capturados pelo jogo são armazenados em arquivo no formato CSV. O jogo captura os seguintes dados: Informações básicas do paciente (nome, endereço, telefone, idade e sexo); lista de exercícios (por paciente); Início do jogo (data e hora); fim do jogo (data e hora); duração da execução de um exercício; duração da execução da lista de exercício proposto ao paciente.

Pontuação: Os pontos são contabilizados à medida que o paciente realiza cada exercício levando em consideração o tempo e a exata execução do movimento proposto, iniciando com os exercícios mais simples (movimentos com menor amplitude) até os mais difíceis (movimentos com maior amplitude).

3.4 Definição das ferramentas e tecnologias utilizadas para produção do jogo

Para atendimento dos requisitos elicitados e considerando a abordagem e o design proposto, foram

utilizadas as seguintes ferramentas para o desenvolvimento do jogo:

- **UPBGE 0.2.4:** *Software* de código aberto voltado para modelagem 3D. “É um *fork* do *Blender Game Engine* com recursos melhorados e correção de *bugs*” [UPBGE 2019]. Essa ferramenta foi utilizada para modelar o ambiente virtual e mapear os movimentos capturados pelo sensor *kinect* para o personagem virtual. Toda a lógica de programação do jogo foi feita na *game engine* do UPBGE.

- **NI MATE 2.12:** “...*Software* que oferece captura de movimento em tempo real...” [NI MATE 2019]. Essa ferramenta foi utilizada como *middleware* no processo de captura óptica de movimentos utilizando o sensor *Kinect Xbox 360*, possibilitando o mapeamento dos movimentos do ator e manipulação do mesmo no *software* UPBGE.

- **Kinect Xbox 360:** *Kinect* é uma tecnologia de realidade virtual que é uma combinação de *hardware* e *software* contida dentro do sensor do *Kinect* [Fernandes et al. 2014]. O sensor possui um *hardware* que oferece diversos recursos para auxiliar no processo de reconhecimento de gestos e voz, os principais são: emissor de luz infravermelho, sensor RGB, sensor infravermelho, eixo motorizado e um conjunto de microfones dispostos ao longo do sensor. Esta ferramenta foi utilizada para mapear os movimentos do jogador para o personagem virtual em tempo real.

A figura 3 apresenta a estrutura geral do dispositivo e seus componentes.

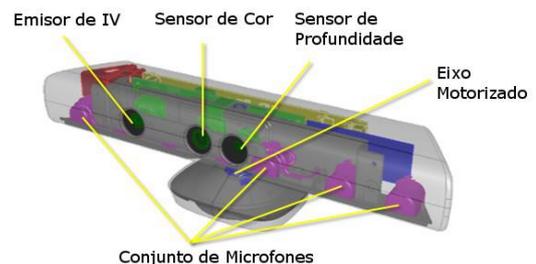


Figura 3. Sensor Kinect e seus componentes

- **Makehuman 1.1.1:** “... ferramenta de código aberto projetada para simplificar a criação de seres humanos virtuais usando uma interface gráfica do usuário...” [Makehuman 2019]. Essa ferramenta foi utilizada para modelar o personagem do jogo, contendo esqueleto e roupa.

- **Python 3.7.2:** *Python* é uma linguagem de programação interpretada, orientada à objeto, de alto



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

nível e de semântica dinâmica [Kiusalaas 2005]. Possui sintaxe amigável e vários recursos que objetivam a otimização de linhas de comando e execução de tarefas.

Python possui muitas bibliotecas disponíveis para uso, facilitando a implementação de funcionalidades no sistema que se pretende desenvolver, a qual pode ser utilizada como linguagem de programação para desenvolvimento de jogos digitais possibilitando o uso do potencial que a linguagem disponibiliza.

4. Resultados e Avaliação

O processo de desenvolvimento do JS proposto fez uso da abordagem de prototipação, visando obter maior proximidade das necessidades dos usuários finais, melhoria da qualidade do produto, melhoria na facilidade de uso por parte dos usuários finais e redução no esforço de desenvolvimento.

Foram estabelecidas 4 etapas para a prototipação, conforme apresenta o quadro 1.

Quadro 1. Etapa do desenvolvimento do protótipo

Etapa	Produto
Estabelecer objetivos do protótipo	Plano de prototipação
Definir as funcionalidades o protótipo	Definições gerais
Desenvolver o protótipo	Protótipo executável
Avaliar o protótipo	Relatório de avaliação

Foram desenvolvidos 3 protótipos seguindo as etapas propostas.

4.1 Objetivos do protótipo

Cada protótipo desenvolvido visou atender as especificações de *design* definidas com a participação das profissionais envolvidas.

- **Protótipo 1:** A primeira versão do jogo apresentado as profissionais envolvidas teve como objetivo apresentar o ambiente modelado e realizar a captura e mapeamento de movimentos utilizando o sensor *Kinect*.

- **Protótipo 2:** A segunda versão do jogo tinha por objetivo apresentar o mecanismo de pontuação e registro do desempenho do paciente para fins de acompanhamento da evolução, o qual foi ajustado nesta versão por sugestão das profissionais envolvidas.

- **Protótipo 3:** A terceira versão tinha por objetivo apresentar os elementos de *feedback* visual e

sonoro inseridos no jogo, visando auxiliar os profissionais e pacientes na utilização do jogo. Foram adicionados também vídeos a cada exercício contendo tutorial da forma correta que o exercício deve ser executado, auxiliando o paciente na compreensão de forma visual do exercício que deve ser realizado.

4.2 Funcionalidades do protótipo

O quadro 2 sumariza as funcionalidades desenvolvidas em cada protótipo, as quais foram implementadas de forma incremental (as funcionalidades do protótipo 1 foram adicionadas no 2 e as funcionalidades do protótipo 2 foram adicionadas no 3).

Quadro 2. Funcionalidades implementadas nos protótipos

Protótipo	Funcionalidade
Protótipo 1	1. Ambiente modelado; Personagem modelado; 2. Captura e mapeamento dos movimentos realizados; 3. Criação de desafios.
Protótipo 2	1. Criação de tela para cadastro e atualização de dados de pacientes; 2. Criação de tela para seleção do paciente anteriormente cadastrado, o qual utilizará o jogo e seleção dos exercícios que o paciente realizará com opção para cadastro da quantidade de repetições por exercício; 3. Registro em arquivo. CSV dos dados relacionados ao desempenho do paciente no jogo;
Protótipo 3	1. Produção de vídeos tutoriais contendo os exercícios que o paciente deverá executar; 2. Ajuste áudio visual das telas (menu, cadastro de jogador, seleção de jogador), com objetivo de oferecer aos jogadores um visual mais intuitivo e interativo.

4.3 Desenvolvimento do protótipo

A etapa de desenvolvimento foi subdividida em 2 subetapas:



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

1. Modelagem do ambiente e do personagem virtual:

O ambiente virtual foi modelado no *software* de código aberto UPBGE, o qual simula uma academia, objetivando produzir no paciente a sensação de estar em um ambiente não clínico ou hospitalar, nesse ambiente o paciente poderá interagir com o personagem virtual através de seus movimentos. A figura 4 apresenta a tela principal do jogo.

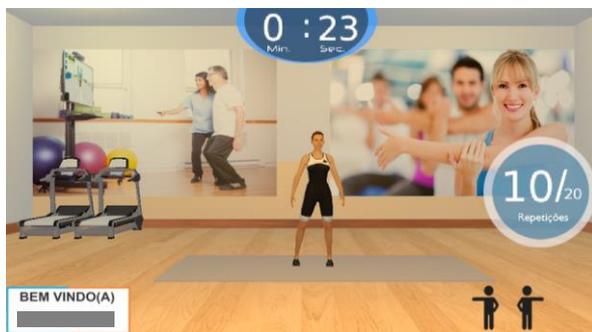


Figura 4. Tela principal do jogo

São apresentados na tela principal do jogo, elementos de *feedback* visual das ações que deverão ser realizadas pelo jogador assim com o seu desempenho.

O personagem virtual foi modelado no *software* de código aberto *Makehumam* 1.1.1, onde foram adicionadas roupas e estrutura óssea. Posteriormente, o personagem foi exportado para o *software* UPBGE 0.2.4 para realização do mapeamento das restrições ósseas a fim de reproduzir os movimentos capturados pelo sensor *Kinect*.

2. Desenvolvimento da lógica do jogo e captura de movimentos:

A partir do *feedback* dos profissionais envolvidos, foram discutidos quais movimentos poderiam ser utilizados no jogo para compor os desafios. Foi verificada a necessidade de inserção de movimentos que atendessem a cinesiologia humana e a condição individual de cada paciente.

Dessa forma, os exercícios ficaram subdivididos nos planos do corpo humano. O quadro 3 apresenta os planos e os tipos de exercícios utilizados.

Quadro 3. Tipos de exercícios utilizados no jogo

Plano	Membros Superiores	Membros Inferiores
Sagital	Extensão e flexão de ombros e cotovelos	Extensão e flexão de quadril e joelho
Coronal ou Frontal	Abdução e adução de ombros e cotovelos	Abdução e adução de quadril e joelho
Transversal	Rotação de ombros e cotovelos	Rotação de quadril e joelho

A partir dos dados gerados pelo sensor *Kinect*, foi feito o mapeamento dos pontos (juntas) do personagem virtual no UPBGE, adicionando ao personagem virtual controladores de articulações, possibilitando controlar os movimentos de um conjunto de articulações que possuem nível de parentesco, tornando os movimentos mais suaves e realísticos. Foi utilizado o *software* NI *Mate* 2.12 (versão *trial*) como *middleware* entre o sensor *Kinect* e o ambiente virtual do UPBGE, possibilitando o processamento da imagem de profundidade e integrando o ambiente real com a *game engine* do UPBGE. Foi utilizado o protocolo de comunicação *Open Sound Control* (OSC) para transferências das informações das articulações, o qual fornece controle em tempo real do processamento de som e outras mídias, mantendo-se flexível e de fácil implementação. No caso deste trabalho, o protocolo foi utilizado para processamento de imagem.

A partir da definição dos movimentos selecionados para serem utilizados no jogo, foi utilizada a linguagem de programação *python* e os recursos disponíveis na *game engine* do UPBGE para desenvolvimento da lógica do jogo.

Tendo sido efetuada a captura de movimentos do personagem virtual, foi construída lógica para validar a pontuação do jogador a partir dos exercícios realizados, ficando a critério do profissional o cadastro da lista de exercícios que cada paciente deve realizar bem como a quantidade de repetições de cada exercício. A medida que o paciente realiza os exercícios, o personagem virtual reproduz tais movimentos no ambiente virtual, sendo considerado cada acerto como um ponto e em cada série executada o paciente acumula a pontuação, na qual é considerado o tempo que o paciente levou para concluir o desafio.

Quando o paciente finaliza todos os exercícios proposto pelo profissional, o jogo apresenta a tela contendo um vídeo parabenizando-o pelo desempenho,



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

onde é apresentada a pontuação final e o tempo que o paciente gastou para concluir os desafios.

Cada vez que o paciente utiliza o jogo, seus dados de desempenho são armazenados em arquivo, possibilitando ao profissional realizar o acompanhamento da evolução do paciente através de gráficos e tabelas.

4.4 Avaliação do protótipo

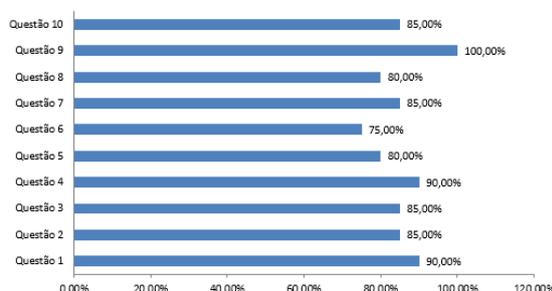
O JS proposto foi avaliado por 5 pacientes que se encontram em tratamento de reabilitação motora no hospital municipal da cidade de Rondon do Pará, estado do Pará.

Foi utilizada a *System Usability Scale* (SUS) para avaliação do jogo nos critérios relacionados à facilidade de aprendizagem do jogo, eficiência, nível de inconsistência, satisfação do usuário e facilidade de memorização. O questionário foi aplicado para os profissionais e pacientes após o encerramento de cada sessão. O tempo total estimado para responder o questionário foi de cinco a dez minutos.

Através das respostas obtidas, foi possível verificar a pontuação atribuída a cada critério proposto para análise, permitindo identificar oportunidades de melhorias, da usabilidade do jogo proposto.

O gráfico 1 apresenta os resultados do SUS obtidos em cada questão, os quais correspondem a visão dos profissionais e dos pacientes.

Gráfico 1. Resultado da SUS separado por questões



Para verificar o atendimento do objetivo proposto na presente pesquisa, foi utilizada a relação proposta por [Tenório et al. 2010] entre os componentes de qualidade indicados por Nielsen e as questões do SUS:

- **A facilidade de aprendizagem do jogo:** A facilidade de aprendizagem está representada pelas questões 3, 4, 7 e 10 do SUS. A média dos resultados dessas questões foi de 86,25, uma pontuação que de acordo com a classificação proposta por [Bangor 2009] é considerado um resultado excelente. Portanto, podemos concluir que os usuários apresentaram facilidade em aprender a dinâmica e funcionalidade do jogo.

- **A eficiência do jogo:** As questões 5, 6 e 8 estão relacionadas a eficiência do jogo proposto. Analisando a média, foi obtido resultado de 78,33. Resultado que de acordo com a classificação utilizada, pode ser considerado um resultado excelente, levando a conclusão que os usuários consideraram o jogo eficiente.

- **As inconsistências do jogo:** As inconsistências ou minimização dos erros são identificadas por meio da questão 6, cuja pontuação foi de 75,00, sendo considerado um resultado excelente.

- **A satisfação dos usuários:** A satisfação dos usuários está representada pelas questões 1, 4 e 9. A média dos resultados dessas questões foi de 86,67, sendo classificado como excelente resultado. Em geral, o nível de satisfação está relacionado ao nível de conforto que o usuário sente ao utilizar o jogo. Dessa forma, é possível concluir que os usuários se sentiram confortáveis ao utilizar o jogo proposto.

- **A Facilidade de memorização:** Este componente é avaliado pela questão 2 e sua pontuação foi de 85,00. O resultado foi considerado excelente, sendo possível verificar que os usuários foram capazes de realizar os desafios propostos no jogo sem a necessidade de reaprendizado. Resultado que está relacionado aos mecanismos de ajuda disponibilizados no jogo.

5. Conclusão

Conclui-se que o objetivo deste estudo foi atingido com o desenvolvimento do Jogo Sérico proposto e a efetiva realização de avaliação, a qual buscou avaliar a facilidade de aprendizagem do jogo, verificar a eficiência do jogo, identificar inconsistências no jogo, verificar a satisfação do usuário.

Como produto final foi desenvolvido um jogo sério (JS) que utiliza interface natural no processo de



STAES19'

Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde

interação homem-computador, tornando-se uma ferramenta de auxílio para reabilitação motora.

O uso do JS possibilitará aos profissionais realizar o acompanhamento do quadro evolucionar de cada paciente através da produção de gráficos e planilhas.

Tendo concluído todo o processo de desenvolvimento do jogo proposto, o mesmo terá continuidade com a inserção de mais exercícios e desafios.

A avaliação da ferramenta aponta que a mesma possui potencial para ser utilizada por profissionais e pacientes, ressaltando que a mesma se encontra em fase de prototipação, sendo necessária a realização de ajustes.

As limitações desse trabalho foram o tamanho da equipe envolvida (2 pessoas comprometidas) e a quantidade de pacientes para realizar o uso e avaliação da ferramenta.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará pelo incentivo e apoio na pesquisa.

Referências

- Almeida, Q. J, Bhatt, H. A Manipulation of Visual Feedback during Gait Training in Parkinson's Disease. *Parkinsons Dis.* 2012;2012:508720.
- Balista, V. G. "PhysioJoy: Sistema de Realidade Virtual para Avaliação e Reabilitação de Déficit de Motor. XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, pp. 16-20, 2013
- Bangor A, Kortum P, Miller J. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. *J Usability Stud.* 2009;4:114-23.
- Baxter, M. Projeto de Produto: Guia Prático para Desenvolvimento de Novos Produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- Brooke J. SUS: a quick and dirty usability scale. *Usability Eval Ind.* 1996;189:4-7.
- Cruz, A.P, Lima, T. B. O uso da realidade virtual como ferramentas de inovação para a reabilitação de pacientes com Doença de Parkinson: uma revisão literária, *Caderno de graduação, UNIT*, 2015.
- Engholm, J. H. Engenharia de software na prática. São Paulo. 2010
- Farias, E. H. *et al.*, "MOLDE - A Methodology for Serious Games Measure-Oriented Level Design," *XIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 29–38, 2014.
- Fernandes, F. G. *et al.*, Realidade Virtual e Aumentada Aplicada em Reabilitação Fisioterapêutica Utilizando o Sensor Kinect e Dispositivos Móveis. 2014. Disponível em http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2014/ceel2014_artigo005_r01.pdf>. Acesso em 11 de maio de 2019.
- Filho, S. F. F, Jucá, P. M. "Uso de Jogos Sérios para Auxiliar na Reabilitação Motora de Pacientes com Espondilite Anquilosante", *XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp 919–925, 2014
- Gomide J.V.B. Captura Digital De Movimento no Cinema de Animação. Dissertação [Dissertação em Artes] – UFMG. Minas Gerais, pp. 38. 2013.
- Kiusalaas, J. **Numerical Methods in Engineering with Python**. 1. ed. Nova York: Cambridge, 2005.
- Kortum P. T, Bangor A. Usability ratings for everyday products measured with the System Usability Scale. *Int J Hum Comput Interact.* 2013;29:67-76.
- Likert, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives in Psychology*, pp. 1-55, 1932
- MAKEHUMAN. MakeHuman 1.1.1. [online] Disponível em: <http://www.makehumancommunity.org/content/downloads.html/>. Acesso em: 02 jun. 2018.
- NI MATE. Ni mate 2.12. [online] Disponível em: <https://ni-mate.com/>. Acesso em: 02 jun. 2018.
- Preece, J. R, Sharp Y. H. **Design de Interação: além da interação homem-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- Silva, S. S. R. da; Filho, M. R. ARVRE: Ambiente de Realidade Virtual para Reabilitação Motora e Estímulo Cognitivo, *XIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 675–678, 2014.
- Tenório, J. M. et al., Desenvolvimento e Avaliação de um Protocolo Eletrônico para Atendimento e Monitoramento do Paciente com Doença Celíaca, *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, Volume 17, No 2, pp. 211-200, 2010, doi.org/10.22456/2175-2745.12119.
- UPBGE. Upbge 0.2.4. [online] Disponível em: <https://upbge.org/>. Acesso em: 02 jun. 2018.
- Zyda, M. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, v. 38, n. 9, p. 25-32, 2005.