

# Exergames usando tecnologia do movimento maker: protótipo de jogo tipo plataforma

Bruno S Oliveira\* Sérgio Nesteriuk Felipe Moreno

Universidade Anhembi Morumbi, Programa de Pós-Graduação em Design, Brasil

## RESUMO

Exergames são um tipo de jogo para saúde (game for health) que usa o movimento do corpo do jogador para fins de atividades físicas – seja para exercícios de melhoria da saúde (fitness) como também no auxílio em tratamentos de reabilitação. Neste trabalho são apresentadas as pesquisas para a confecção de um protótipo de bicicleta para exergames. Para tanto, são apresentadas pesquisas sobre os dispositivos usados para exergames com foco no uso de tecnologias do movimento maker como uma alternativa viável para o desenvolvimento do protótipo.

**Palavras-chave:** games for health, exergames, prototipação, movimento maker.

## 1 INTRODUÇÃO

Games for Health (GfH, jogos para saúde) é o termo para designar os games (jogos) usados em tratamentos de saúde e estética (fitness) [1]. Fazem parte deste nicho tanto jogos diretamente utilizados em tratamentos [2] quanto aqueles usados de forma indireta como treinamento ou conscientização de saúde corporal [3].

Dentre os games usados diretamente, existem dois tipos: os que trabalham em prol da saúde mental e cognitiva [1], e aqueles que cuidam e tratam o corpo, necessitando assim que o usuário efetivamente realize algum tipo de exercício. Games deste segundo tipo são conhecidos como exergames – termo da língua inglesa oriundo da união das palavras *exercise* (exercício) e *game* (jogo) [1].

Em artigo apresentado no no XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2016), foi realizada uma amostragem de trabalhos relacionados aos exergames, usando como fonte trabalhos publicados em periódicos nacionais e internacionais. Nesta amostragem aparece o indício de uma carência de métodos e ferramentas voltados ao processo de design de exergames [4].

Desta forma, iniciou-se a pesquisa com o intuito de levantar questões sobre o atual estado das metodologias de design para games, para artefatos de saúde e como se daria a intersecção entre esses. Um dos fatores resultantes dessa intersecção é o modelo de *dual flow* (fluxo duplo), proposto por Sinclair, Hingston e Masek [5], em que o estado de fluxo de um game é influenciado por fatores de intensidade do exercício e da forma física do jogador.

Como parte deste processo de pesquisa, este trabalho apresenta um estudo sobre os dispositivos usados em exergames e uma primeira etapa no desenvolvimento de um protótipo de bicicleta ergométrica adaptada por meio de tecnologias associadas ao movimento maker para uso com exergames.

Destarte, este está dividido em três seções a contar com esta. A primeira apresenta uma síntese da história dos dispositivos para e

fez breves considerações sobre o assunto. A segunda seção fala sobre o movimento maker, do planejamento das etapas do protótipo, e da realização de sua primeira versão. A terceira e última seção apresenta as conclusões obtidas assim como futuros desdobramentos desta pesquisa

## 2 ESTADO DA ARTE EM DISPOSITIVOS PARA EXERGAMES

Jogos digitais são aqueles que necessitam de um dispositivo físico tecnológico para funcionar – ou seja, uma mídia. Esta seção tem como objetivo traçar a história do desenvolvimento dos dispositivos usados para um tipo específico de jogos digitais, os exergames, de modo a verificar o desenvolvimento destes e, talvez, poder gerar conjecturas de caminhos para os desenvolvimentos futuros.

O método de pesquisa utilizado nesta etapa foi bibliográfico, utilizando pesquisa em motores de busca como o Google ([www.google.com](http://www.google.com)), utilizando palavras-chave como, por exemplo, “exergame”, “exergame history” e “exergame evolution”.

### 2.1 Breve história dos dispositivos para Exergames

O primeiro dispositivo conhecido para exergame foi o Atari Puffer [6]. Planejado pela Atari no início da década de 1980, quando a empresa percebeu uma oportunidade de mercado de jogos de entretenimento para o exercício em bicicletas ergométricas. O projeto contava com três modelos específicos, voltados para mercados diferentes: sendo o Pro model, para academias de ginástica; Arcade Model, para lojas de fliperamas; e, Home Model para uso doméstico, com preço mais acessível. O projeto acabou sendo arquivado devido à falência da empresa.



Figura 1: Imagens promocionais do Atari Puffer [6].

Seguido deste dispositivo, dois outros projetos aconteceram na sequência, envolvendo bicicletas ergométricas e games – o

\* e-mail: [brunosoliveira@gmail.com](mailto:brunosoliveira@gmail.com)

Autodesk HighCycle e o RacerMate CompuTrainer. Poucas referências técnicas existem sobre o Autodesk HighCycle – apenas imagens de simuladores de corrida de bicicleta. O RacerMate CompuTrainer foi desenvolvido por uma empresa de equipamentos de ginástica, conhecida por ter um sistema de carga de exercício eletromagnético, diferente das cintas usadas convencionalmente. Este sistema eletromagnético permitia o envio de dados para um computador [6].

Ainda na década de 1980, a Nintendo entrou mercado com o PowerPad e a PowerGlove. O PowerPad era um tapete com botões embutidos a serem acionados com os pés dos usuários. Consistindo em 3 linhas com 4 colunas de botões em cada, num total de 12 botões. O uso poderia ser individual ou em dupla, os botões eram marcados metade azul e metade em vermelho, sinalizando assim os que deveriam ser usado pelo player 1 e pelo player 2, no caso das partidas em dupla. O jogo mais conhecido deste dispositivo foi o Dance Aerobics de 1989, um jogo de dança que é considerado o precursor do Dance Dance Revolution, mencionado adiante nessa seção.

O Nintendo PowerGlove era basicamente uma luva com botões tipo joystick e sensores que detectavam os movimentos feitos com a mão. Há relatos de que o dispositivo não funcionava muito bem, mesmo quando usado em conjunto com um game desenvolvido especialmente para a luva – o Myke Tyson’s Punch Out [6]. Entrando na década de 90, a Tectrix VR Bike e o VR Climber, eram respectivamente uma bicicleta ergometria e um aparelho de step (simulando algo entre andar e subir degraus de uma escada). Ambos possuíam um computador e monitor tipo CRT acoplados e vinham com seis jogos, carregados através de CD-ROM. Ambos possuíam versões especiais de games desenvolvidas para o uso dos militares americanos. O preço para o público custava por volta de US\$ 28.000,00 [6].

O Dance Dance Revolution (DDR) é considerado o primeiro sistema de exergaming de sucesso [7]. Criado pela Bandai com base em preocupações sobre crescente obesidade entre jovens japoneses, o DDR consistia num game com temática de dança funcionando em um dispositivo de arcade com botoeiras a serem acionadas ao pisar. Estas eram dispostas em uma matriz de 3x3 botões com a posição central neutra (sem acionamento) na qual o jogador ficava inicialmente parado. Desta forma, as oito posições de acionamento ficavam ao redor do jogador. O jogador durante a partida deveria acionar as botoeiras no tempo correto conforme a música e o nível de dificuldade escolhido – ganhando assim pontos. Esse acionamento ritmado em conjunto com a música compunha a temática central de dança.



Figura 2: Arcade do Dance Dance Revolution [6].

Usando approach diferente, foram criados dois dispositivos de acionamento de comandos, visando substituir os joysticks, o Cat-

Eye Game Bike, e o Bodypad for Fighting Games, que funcionavam em consoles convencionais como o PlayStation2, sendo usados no lugar do joystick original [6]. O Cat-Eye Game Bike era uma bicicleta ergométrica voltada para jogos de corrida, em que o pedalar substituía o comando de acelerar dos joysticks. Já o Bodypad for Fighting Games era uma série de braçadeiras com sensores que o usuário poderia usar para captar os movimentos. Um receptor recebia os dados e convertia em golpes dos jogos de luta.

## 2.2 Dispositivos atuais e de futuro próximo

Como dispositivos atuais, os mais populares e conhecidos são o Nintendo Wii e o Microsoft Kinect. Através da pesquisa, foi verificada a existência de outros dispositivos, que não são disponíveis no Brasil como as bicicletas da Expresso, o Goji Play e o sistema VR da Holodia.

O Nintendo Wii foi lançado em 2006 e descontinuado em 2013[8], para fins dessa abordagem, é considerado atual por ainda ser utilizado por clínicas de reabilitação como, por exemplo, na Clínica Lucy Montoro [9].

A novidade do aparelho foi usar sensores embutidos no joystick, permitindo que o console pudesse calcular o posicionamento espacial (eixos X, Y e Z) que o joystick se encontrava, percebendo assim mudanças no posicionamento deste, que então era convertida em ações nos games. Desta forma, o ato de jogar no Wii se aproximava das ações reais como, por exemplo, lutar boxe, jogar boliche ou lutar com espadas. Devido à popularidade e o baixo custo, o console passou a ser usado em pesquisas para uso em reabilitação, combate à obesidade infantil [2] e educação física [10][11].

Para concorrer com o Nintendo Wii, a Microsoft lançou em 2010 o Kinect como acessório para o console Xbox 360 [12]. Dotado de câmeras especiais e microfone, o acessório conseguia captar o corpo dos usuários e verificar mudanças no posicionamento deste ou dos membros e cabeça. Uma nova versão do sistema foi lançada em 2013 para o Xbox One e para PC (*Personal Computer*).

O uso com PC propiciou o aparecimento de diversos estudos e projetos relacionados ao uso do Kinect para diferentes aplicações desde a avaliação e reabilitação de déficit motor [13], assim como a melhoria do equilíbrio em pessoas idosas [14].



Figura 3: Detalhe do monitor da Bicicleta Expresso.

As bicicletas da marca Expresso [15] possuem um sistema fechado com monitor e computador acoplado. *Grosso modo*, pode ser considerada uma evolução da Tectrix VR com hardware e software atualizados. Durante a pesquisa, foi contatado um usuário de uma academia de ginástica nos EUA que possui um modelo da marca. Em conversa inicial, este se prontificou a

entrevistar informalmente alguns instrutores desta academia sobre o uso da Expresso. Eles disseram que o equipamento é pouco utilizado e acreditam que o sistema seja pouco interessante para a realidade local devido ao game da bicicleta se tratar de um simulador de andar de bicicleta em ruas (figura 3). Ainda segundo os comentários desses instrutores, o público da academia prefere andar com bicicletas ao ar livre, em parques e ruas ao invés de procurar simular uma realidade imediata.

Outro sistema encontrado na pesquisa foi o Goji Play [16]. Este consiste de duas pequenas botoeiras que podem ser amarradas ao guidão da bicicleta, podendo se comunicar com dispositivos mobile. O site da empresa dispõe de exemplos de vários jogos que podem ser usados com o sistema. Na primeira versão do Goji Play, apenas aparelhos rodando iOS eram suportados. Já a versão atual suporta tanto iOS quanto Android. A empresa tem anúncios de sistema VR, porém na data em que a pesquisa foi feita, não havia maiores detalhes.

O Holofit [17] da empresa Holodia se trata do lançamento mais recente encontrado nessa pesquisa. Segundo dados da fabricante, o Holofit se integra aos sistemas de modernas bicicletas ergométricas, aparelhos de rowing (remada) e de step, proporcionando experiências integradas em realidade virtual.

### 2.3 Considerações sobre dispositivos para Exergames

Pela pesquisa realizada, foi percebido alguns pontos pertinentes tanto do ponto de vista de hardware quanto de software. Em termos de hardware, os dispositivos podem ser classificados enquanto totalidade do sistema apresentado. Desta forma, os resultados se apresentam em dois grupos: [i] os completos, e [ii] os acessórios.

Os dispositivos completos são aqueles que apresentam um sistema que funciona sem precisar de nenhum outro complemento. Exemplos desse tipo são a Tectrix VR Bike, o Dance Dance Revolution e o Nintendo Wii.

Os dispositivos acessórios precisam de um complemento para funcionar – computador ou console. Como exemplo, podem ser citados o Cat-Eye Game Bike, Nintendo Power Pad e Bodypad for fighting games.

Sob este último, foram encontradas algumas críticas sobre o Bodypad que era vendido para uso em jogos de luta originalmente criados para uso com Joystick – sendo muito difícil para os usuários reproduzirem as sequências de golpes (conhecidas como combos). Esta dificuldade é um ótimo exemplo de quebra do *dual flow* [5], devido ao desgaste e a intensidade do exercício.

Ainda na parte de hardware, pode ser percebida uma tendência para uso de realidade virtual e/ou realidade aumentada nos dispositivos mais recentes.

No que tange a parte de software, foram encontrados dois aspectos relevantes: o primeiro em relação do game com a plataforma, e o segundo na questão da temática usada nos games. No primeiro aspecto, o que se percebe é que os games são produzidos especificamente para o dispositivo, já levando em consideração a entrada de dados fora do padrão de joystick. Como exemplo os jogos da Tectrix VR Bike e das bicicletas Expresso que monitoram o pedalar como entrada de dados para o jogo. Exceções encontradas neste caso foram o Cat-Eye Game Bike e o Bodypad for Fighting Games. Nestes, um conversor interno efetua cálculos que convertem o sinal recebido e enviam ao console a informação necessária.

Sobre a parte temática dos games, o que pode ser notado é que na maioria dos casos, os games se tratam de simulações de esportes. Como exemplo, o game da bicicleta Expresso (figura 3) é de simulação de corrida de bicicleta de rua. Sob esse ponto de vista desta pesquisa, parece ser uma abordagem carente uma vez

que atende apenas as pessoas que já possuem apreço por exercícios e esportes.

### 3 PROPOSTA: USO DE TECNOLOGIA DO MOVIMENTO MAKER

Para o estudo de métodos e ferramentas para game design de exergames, se faz necessário definir o dispositivo a ser usado para captação dos movimentos do usuário. Pontos a serem considerados para essa escolha são: [i] a disponibilidade do dispositivo – isto é, ele se encontra em produção e venda atualmente; [ii] o sistema permite fácil desenvolvimento, não sendo bloqueado ou necessitando de kits de desenvolvimento caros / específicos; [iii] facilidade na reprodução do dispositivo e, substituição de peças; [iv] disponibilidade para uso em projetos sociais, aumentando assim o impacto que os exergames possam exercer na melhoria da saúde da população.

Desta forma, tendo em vista os pontos acima retratados, foi tomada a decisão de usar para prototipação de um dispositivo para exergames, uma bicicleta ergométrica comum, modificada com uso de tecnologia do Movimento Maker para prover a comunicação desta com computador e/ou dispositivo móvel.

Esta seção se encontra subdividida em quatro partes relacionando: o Movimento Maker, o processo de escolha da bicicleta ergométrica, a prototipação do jogo plataforma, e os comentários sobre os resultados obtidos.

#### 3.1 Movimento Maker

Vilém Flusser foi um filósofo cujo pensamento abordava o que chamou de Homo Faber, ou seja, o humano que assim se torna humano através do fazer. Para Flusser, a fábrica do futuro será um lugar onde as potencialidades do Homo Faber poderão se realizar [18]. Ainda, nessa perspectiva, todos poderão se apropriar das coisas existentes, transformá-las e utilizá-las.

Flusser faleceu em 1991, mas seus textos anteviam a mudança no conceito de fábrica em pelo menos uma década. Apenas em 2001 com a implantação do primeiro Fablab no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que esses conceitos Flusserianos começaram a aparecer [19]. Os Fablabs são um modelo de laboratório-fábrica que coloca à disposição do público em geral, máquinas CNC (controle numérico computadorizado) que recebem instruções diretamente de computador. O sistema de funcionamento dos Fablabs tem fundamentos ideológicos naquilo que hoje é conhecido como Movimento Maker.

Segundo Anderson [20], este movimento tem em suas bases a prática do *Do-It-Yourself* (DIY, Faça-Você-Mesmo) que envolve o desenvolvimento não profissional de habilidades de manufatura – comentado encarado como um hobby. Abrange o termo uma grande variedade de atividades, incluindo desde as práticas do fazer manual (*crafting*), como por exemplo a marcenaria, até o uso de eletrônica de alta tecnologia.

Os praticantes desse movimento são popularmente conhecidos como Makers. Anderson [20] ressalta dois aspectos separam estes dos fazedores e inventores do passado: [i] eles estão usando ferramentas digitais - projetando na tela, e fabricando-os usando maquinário computadorizado; e, [ii] eles estão compartilhando suas criações através da internet. Esta por sua vez é o que propicia a democratização da inovação em torno dos bits (os arquivos digitais) enquanto máquinas de prototipação rápida como impressoras 3D e máquinas de corte à laser, propiciam a democratização da inovação no plano físico-material. Resumidamente, o Movimento Maker se caracteriza por:

- Uso de ferramentas digitais para projetar novos produtos e para prototipá-los (chamado de 'digital DIY' por Anderson);

- Senso comum em distribuir e colaborar em projetos coletivos por meio de comunidades online;
- Uso de uma padronização nesses arquivos que permita qualquer um, se assim desejar, enviar esses arquivos para empresas com o intuito de fabricar esses produtos em qualquer quantidade desejada - tão facilmente quanto seria produzir isso na própria bancada [20].

Embora em termos gerais os Makers utilizem qualquer material ou tecnologia disponível, observando a lista de requerimento dos FabLabs [21], podemos observar que estes devem possuir máquinas de corte CNC de diferentes tipos, máquinas de manufatura aditiva (popularmente conhecidas como ‘impressoras 3D’) e equipamentos eletrônicos do tipo Arduino.

As máquinas de corte CNC podem receber comandos diretamente dos computadores, fazendo cortes com precisão e velocidade. Existem tanto aquelas que usam ferramentas de corte tipo fresa – podendo fazer tanto cortes como chanfrados, dependendo do perfil da fresa, como também as máquinas de corte à laser – usadas tanto para o corte de chapas de materiais diversos quanto na gravação de texturas nas superfícies dos materiais.

As máquinas de manufatura aditiva (MMA) também recebem comandos via computador e funcionam por princípio de depósito de material para formar o objeto desejado – em contraposição com o método tradicional de retirar material para atingir a forma final do objeto. Existem diversos tipos de MMA’s variando o tipo de material, a velocidade, a precisão final do objeto etc. Em anos recentes a queda de preço tem tornado o equipamento mais acessível. Um dos tipos mais populares é a MMA de filamento, que é alimentada por uma bobina de plástico para produção dos objetos. Como exemplo deste tipo pode ser citada a Arduino Materia 101 [22], custando valor próximo a US\$ 800,00.

Na parte eletrônica, um dos mais populares é o sistema Arduino. Este é uma plataforma eletrônica de código aberto (*open source*) de fácil montagem e de fácil programação. O Arduino é capaz de receber impulsos eletro-eletrônicos seja através de sensores, botões ou mesmo de uma mensagem via Twitter e, transformar em um comando para acionar um motor, ligar uma lâmpada LED etc [23]. Por exemplo, com Arduino é possível criar um sistema de irrigação automática dos jardins de uma casa [24].

Dadas as possibilidades de criação proporcionadas pelas tecnologias usadas no Movimento Maker, no entender desta pesquisa acredita-se que a utilização dessas tecnologias são bastante viáveis e trazem dois fatores importantes para aplicação de exergames no Brasil: o custo e a disseminação. Na parte de custo, os materiais são consideravelmente mais em conta que sistemas fechados. Na parte de disseminação, os princípios do Movimento Maker favorecem a reprodução dos experimentos a serem realizados durante essa pesquisa não somente por instituições de ensino e pesquisa como também por empresas de diferentes portes e indivíduos de diferentes partes do país – aumentando assim a possibilidade de disseminação dos exergames em nossa sociedade.

### 3.2 Seleção do aparelho: Bicicletas Ergométricas

Para o equipamento, foi escolhida a bicicleta ergométrica estacionária. Fatores que levaram à escolha foram: [i] o custo de aquisição, [ii] a quantidade de eletrônica básica embarcada, [iii] a popularidade do equipamento, e [iv] a possibilidade de expansão futura acrescentando novas funcionalidades.

No quesito de custo de aquisição, pesquisou-se modelos que variavam de R\$ 500,00 a R\$ 7.000,00. O principal fator dessa grande diferença é na parte estrutural das bicicletas que, devido a diversos reforços, acabam elevando o preço dos modelos destinados às clínicas e às academias de ginástica - que possuem

carga diária de uso bastante elevada. Foi percebido que mesmo as bicicletas mais básicas possuíam uma eletrônica básica e possuíam um “computador de bordo” no qual são mostrados dados como velocidade, distância percorrida e caloria gasta e frequência cardíaca.

Quanto à popularidade foi percebido em visitas *in loco* em academias de ginásticas que todas possuíam bicicletas dentre seus equipamentos. Estas são oferecidas tanto na posição vertical de pedalar (também chamadas de posição *spinning*, similar às bicicletas de corrida, em que os pedais ficam abaixo do assento) quanto em uma configuração de assento similar a uma cadeira comum (conhecidas como modelo horizontal, nos quais os pedais ficam à frente da cadeira). Em outro momento, verificou-se que clínicas de reabilitação como, por exemplo, o laboratório de tratamento de doenças pulmonares no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP (HCFM-USP) e a Clínica Lucy Montoro, usam as bicicletas (modelo horizontal) no tratamento físico dos pacientes.

Por último, foram vistas as possibilidades de ampliações de escopo – isto é, possibilidade de inserir novas características ao projeto. Neste ponto, destacamos novas tecnologias como *wearables* (roupas e acessórios com computação embutida) e equipamentos de realidade virtual (VR gear), sendo esta última particularmente interessante visto o grande interesse da mídia e dos aparelhos que estão sendo desenvolvidos por empresas e foram mencionados na seção 2.2.

Levando em conta todos esses fatores, foi adquirida com recursos próprios dos autores, uma bicicleta da marca KIKO’s, modelo KV3.1i [25] que apresentava custo de aquisição em torno dos R\$1.000,00; eletrônica embarcada (computador de bordo); sensor integrado de monitoramento de batimentos cardíacos e posição vertical de pedalar. Ainda, em conversas com instrutores de academias de ginástica, a marca foi uma das recomendadas pela qualidade e confiabilidade.

### 3.3 Protótipo de bicicleta para Exergame

Esta seção descreve os passos da elaboração do protótipo da bicicleta estando dividida em duas subseções. Na primeira, é apresentado um planejamento em etapas do protótipo. Na segunda seção, é apresentado a confecção da etapa 1 do protótipo, mostrando o que foi trabalhado na eletrônica usando Arduino, os programas em C# e o jogo plataforma desenvolvido para validar a ideia de jogo usando apenas o pedalar como entrada de dados.

#### 3.3.1 Etapas do projeto

Para o desenvolvimento da bicicleta, foi adotado o sistema de trabalho de etapas, em que cada uma destas acrescentaria uma nova característica ou funcionalidade. Desta forma, pode-se verificar os fatores de cada etapa, seus resultados e em que cada mudança adicionada alterou o sistema como um todo.

Para o planejamento das etapas foi levado em consideração o know-how dos pesquisadores, a aquisição de equipamentos e a maturidade das tecnologias envolvidas. Desta forma, o planejamento das etapas vai da funcionalidade mais simples – verificar a velocidade que o usuário está pedalando, até a mais complexa – adição de realidade virtual/aumentada. As etapas são mostradas na figura 1 e descritas a seguir.

A etapa 1 foi definida a captação do movimento mais básico da bicicleta: o movimento do pedal e envio para um computador, de forma que fosse possível a comunicação com a Unity para desenvolvimento de jogos.

Na etapa 2 a captação dos batimentos cardíacos usando o sensor embutido na própria bicicleta. Através deste monitoramento, será possível realizar protótipos e testes com usuários.



Figura 4: ilustração das etapas do projeto da bicicleta

A medição da carga (esforço ao pedalar) será feita na etapa 3 do protótipo. Para esta, será necessário estudo e testes com tipos diferentes de sensores, uma vez que bicicletas nesta faixa de preço não tem sensores nativos.

A etapa 4 será o desenvolvimento de apoio para dispositivos mobile. A ideia é que este apoio seja impresso em máquinas de manufatura aditiva para que seja de fácil reprodução, dentro dos moldes do Movimento Maker. Testes mais amplos, com maior número de usuários deverá ter início nessa etapa em virtude que nesta etapa a bicicleta funcionará com jogos rodando em tablets ou smartphones, facilitando deslocamento e uso.

A etapa quinta etapa testará a modificação no guidão da bicicleta para adição de botões extras, do tipo encontrado em joysticks. Essa adição pode ser de dois modos: adicionando uma nova “pega” no guidão, com os botões embutidos (em conceito similar ao Goji Play, mencionado na seção 2.2); ou reprojatando todo o guidão, adicionando os botões e com opção de tornar o guidão móvel, adicionando sensor de giro para controle de curvas esquerda-direita.

Na sexta e última etapa, a tecnologia VR será adicionada ao sistema. Sobre esse aspecto, é importante ressaltar a preocupação com o uso desta tecnologia para aplicações de saúde, principalmente em torno de enjoos e mal-estares que têm sido relatados e estudados.

A tecnologia VR retornou depois de um longo hiato desde sua ascensão nos anos noventa. Os desenvolvimentos tecnológicos recentes deixaram os aparelhos de HMD (*head-mounted display* ou mostrador montado na cabeça) menores, mais leves, mais baratos e com maior velocidade de resposta [26]. Apesar de todo avanço tecnológico, a maioria dos capacetes de realidade virtual ainda dependem de computadores para processarem as imagens, e cabos de energia e transmissão de imagem conectando o computador ao capacete, desta forma, o usuário acaba tendo seus movimentos limitados, o que atrapalharia o desempenho e ergonomia do projeto.

Em 2015 a empresa Google lançou o *Cardboard* um produto para levar a realidade virtual para o público com um custo em torno de US\$ 15,00. A ideia parte do princípio de que quase todos carregamos um aparelho de realidade virtual em nossos bolsos: o nosso próprio celular (*smartphone*). O *Cardboard* nada mais é do que um par de lentes acoplados a uma estrutura de papelão no formato de um capacete, que é preso a cabeça do usuário através de uma alça elástica.

Em paralelo ao desenvolvimento do *Cardboard* a empresa coreana Samsung desenvolveu uma opção mais avançada de capacete que se utiliza do aparelho celular chamado *Gear VR*. Com um melhor material de construção, ele possui uma qualidade de imagem superior e é mais robusto. O *Gear VR* e o *Cardboard*

são as duas opções viáveis para o projeto, ambas possuem aplicações desenvolvidas através da engine de jogos Unity, e há uma grande facilidade de portabilidade de forma a poder ser utilizada nas duas plataformas; a escolha do aparelho de realidade virtual acabaria sendo guiada pelo custo ou pelo aparelho celular do usuário, pois o *Gear VR* requer a utilização de um celular da linha *Galaxy*.

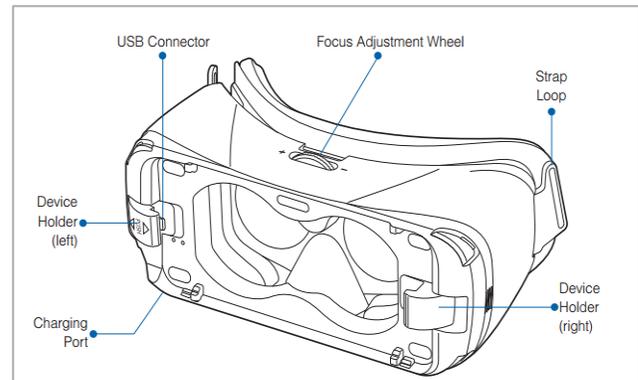


Figura 5: Estrutura do Samsung Gear VR SM-R322, mostrando alguns componentes internos [27].

A realidade virtual em aparelhos celulares gera desafios que são mais facilmente transponíveis quando a plataforma alvo são computadores. Por conta da capacidade de processamento gráfico inferior de aparelhos móveis, são necessários cuidados com relação ao desempenho da aplicação para que ela mantenha uma taxa de atualização de 60qps (quadros por segundo), que é o valor mínimo recomendado. Outro fator importante para a escolha do *Gear VR* é que ele possui uma latência menor do que 20ms, o que reduz o *cybersickness*, que é uma espécie de cinetose ou mal de movimento, causado pela exposição do usuário em ambientes de realidade virtual. Segundo Carmack [28], o *cybersickness* é um dos maiores impedimentos para uma maior adoção da realidade virtual na indústria de jogos.

A bicicleta ergométrica possui maior segurança do que uma esteira elétrica, por exemplo. O *cybersickness* pode representar uma ameaça ao equilíbrio de usuários mais suscetíveis à cinetose, que são pessoas que apresentam propensão a ter enjoo enquanto leem durante uma viagem de carro ou com os movimentos irregulares de uma viagem a barco [29].

Devido a todos esses fatores, o desenvolvimento com VR foi deixado para última etapa do projeto tendo em vista do maior tempo para realização de estudos e do desenvolvimento de novos hardwares e softwares pela indústria.

### 3.3.2 Confeção do protótipo da etapa 1

A elaboração do protótipo da etapa 1, teve três fases: [a] hackeamento da eletrônica básica da bicicleta, [b] tratamento dos dados da bicicleta para uso na Unity, e [c] confeção do jogo plataforma na Unity.

Para o hackeamento da eletrônica básica, a bicicleta foi levada para o FabLab Livre da prefeitura de São Paulo, unidade do Centro Cultural São Paulo. Neste foram feitos os testes iniciais de verificação do funcionamento geral da bicicleta e da eletrônica original. Após essa verificação, foram feitas medições das voltagens de trabalho dos sensores da bicicleta, obtendo valores abaixo de 0,5V. Com esse valor, não seria necessário colocar resistores para diminuição da voltagem pois estavam dentro do que é suportado pela placa Arduino Uno.



Figura 6: Captura da tela do programa Processing, mostrando o recebimento do sinal elétrico da bicicleta, após passar pela placa Arduino Uno.

Uma vez que as voltagens de trabalho normal dos sensores da bicicleta eram seguras para a parte eletrônica, foi feita a ligação da fiação da bicicleta para a *soldlessboard* e desta para a placa Arduino que se comunicava com um PC rodando Linux pela porta USB. A parte de programação foi feita com o Arduino IDE [23]. Uma vez estabelecida a conexão, as voltagens eram mostradas pelo Serial Monitor da tela do Arduino IDE.

Para facilitar a visualização dos valores, foi utilizado o Processing [30] para construção de uma leve aplicação gráfica. Uma imagem do tipo de gráfico obtido é mostrada na figura 6. Grosso modo, o gráfico lembra um eletrocardiograma no qual cada vez que o gráfico plotado chegava a zero, significava que o pedal da bicicleta havia dado uma volta.

Para a segunda fase, a bicicleta foi então transferida para o Núcleo de Jogos da instituição. O objetivo nesta fase era fazer o tratamento de dados que fossem necessários para a utilização dos sinais elétricos da bicicleta pela suite de programação de jogos Unity [31]. Os ajustes tiveram que ser realizados usando o visual Studio da Microsoft [32] pois algumas features necessárias não eram suportadas pela ferramenta de edição de código da Unity.

Houve ainda, necessidade de fazer alguns ajustes de configuração da Unity para permitir a comunicação com a ferramenta C# (lê-se Cê Sharp). O programa desenvolvido foi usado para pegar o sinal elétrico enviado pela placa Arduino através da porta USB e retrabalhar o sinal em forma de contagem de tempo entre a interrupção de um sinal e outro, calculando assim fatores como tempo e velocidade de pedalagem. Desta forma, a ferramenta em C# permite a Unity receber os dados e utilizá-los.

Na terceira fase do protótipo ocorreu o desenvolvimento do protótipo do jogo usando a interface bicicleta-Arduino desenvolvida nas fases anteriores. O grupo de projeto foi composto por três alunos da graduação em jogos digitais divididos em 3 expertises principais: game design, programação e arte. Para os alunos foi passado como briefing que o jogo deveria demonstrar o uso de um cenário diferente de corrida – coisa que como mostrado na seção 2.2, foram encontradas várias aplicações do tipo. Os alunos tiveram total liberdade de criação nas demais opções de tipo de jogo e ambientação.

Para escolha do jogo e temática, os alunos se reuniram e fizeram reuniões de brainstorming criando ideias e esboçando conceitos. Dessas reuniões, chegaram ao conceito de um jogo de plataforma 3D, em que a personagem se movimentaria pulando de plataforma em plataforma até chegar ao objetivo. Os alunos usaram jogos de Wii como modelos de inspiração para mecânica. Um primeiro esboço do projeto pode ser visto na figura 7.

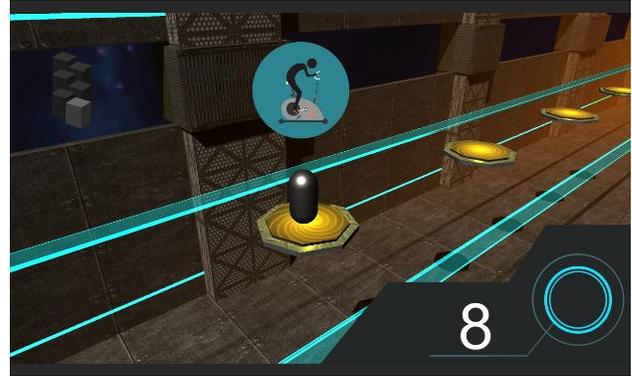


Figura 7: Primeira versão do protótipo do jogo plataforma, somente com elementos geométricos básicos.

Em seguida, o protótipo recebeu texturas e a personagem definitiva. Para elaboração destes, os alunos buscaram várias referências temáticas e ajustaram o enredo pretendido em reuniões de brainstorming livre. Como resultado, chegaram a um ambiente inspirado no jogo Limbo [33]. O enredo escolhido foi de uma pessoa presa em um mundo de pesadelo no qual os alicerces desse mundo estão erodindo e ele precisa encontrar a saída. A figura 8 mostra o resultado final do protótipo com as texturas e a personagem.

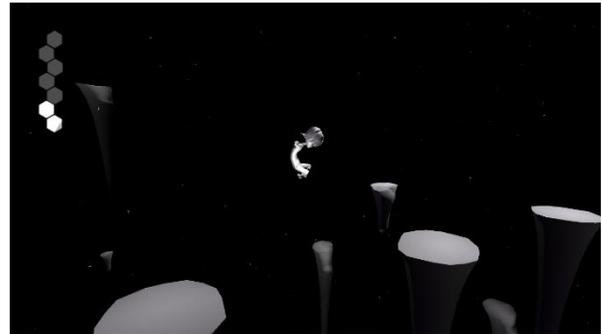


Figura 8: Imagem do protótipo mostrando a personagem pulando de uma coluna para outra.

O gameplay acontece da seguinte forma: a personagem se vê dentro do pesadelo de pé em cima de uma coluna. A sua frente, há uma série de colunas e, para pular, o jogador deve pedalar a bicicleta dentro de uma determinada faixa de velocidade. Desta forma, a velocidade é convertida na lógica do game para impulso para a personagem realizar o salto para frente – e, para isto há uma contagem de tempo. Caso o usuário não pedale e/ou pedale fora da faixa de velocidade, a personagem não ganha força suficiente para o impulso e, na fantasia da história do pesadelo, acaba sendo jogada para a coluna anterior. Desta forma, a condição de vitória nos estágios é pedalar dentro de determinadas faixas de velocidade antes que o tempo acabe.

### 3.4 Resultados obtidos e passos futuros

Os resultados da pesquisa se mostram satisfatórios até o momento. No que concerne à primeira etapa da bicicleta, o sistema Arduino se mostrou bem prático e adaptável. Existem alguns problemas de comunicação entre o sinal enviado pela placa e a Unity, que foi

contornado com o contador em C# e mudanças na configuração padrão do programa.

Neste aspecto os passos futuros em relação a esta parte serão da melhoria desta comunicação Arduino-Unity seja através de novos testes com Arduino, com novos circuitos e componentes, ou através de complementos (chamados de *assets*) da Unity, que poderiam melhorar essa comunicação e tornar mais fácil a criação de aplicações.

O passo futuro em relação ao jogo é justamente a criação de níveis (*level design*) e ampliação do escopo para incluir o monitoramento cardíaco no gameplay. A mecânica de jogo do tipo plataforma possibilita ajustes específicos como:

- Intensidade do exercício (velocidade + carga do pedal);
- Tempo de exercício;
- Escalonamento de tempo dos intervalos entre os exercícios;
- Auto-ajuste do game através de retroalimentação com batimentos cardíacos, alterando os fatores anteriores.

Estes ajustes comporiam os elementos para testes com usuários em torno da problemática de *dual flow* [5] conforme comentado brevemente na seção 1.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta os resultados parciais de uma pesquisa em andamento em torno de metodologias para o design de exergames, decorrente de problemática levantada em artigo apresentado no SBGames 2016 [4]. Uma das primeiras questões que vieram à tona neste início do processo foi à indagação sobre qual dispositivo seria ideal para ser usado para experimentação dessas metodologias.

A investigação sobre os dispositivos para exergames traçou o caminho desde os primeiros modelos até aqueles ainda em fase de desenvolvimento pela indústria. Durante esse processo de pesquisa histórica, emergiu a possibilidade de uso de tecnologias *open source*, do chamado movimento maker, para elaboração de um dispositivo próprio.

Neste ponto a pesquisa fez-se em torno das tecnologias maker e da escolha de um aparelho de exercício a ser adaptado para uso com exergames. Como resultado, foi escolhido usar uma bicicleta ergométrica adaptada com o sistema Arduino, de forma a criar um protocolo de comunicação entre o aparelho de exercício e um computador.

Uma vez escolhida a bicicleta e tendo os meios para adaptação, fez-se um planejamento da construção em seis fases, desde o movimento básico do pedal até a inserção de tecnologia de realidade virtual na última etapa de desenvolvimento. Este artigo apresenta inicialmente o processo de construção da primeira etapa da bicicleta ergométrica para exergames e, em seguida, a criação de um protótipo de jogo plataforma para teste do sistema.

Deste modo, dentro do escopo desta pesquisa, os resultados têm se mostrado promissores no sentido da criação de uma plataforma para teste das metodologias de design para exergames de custo reduzido e com grande possibilidade de disseminação através das práticas do movimento maker e tecnologias *open source*.

Como desdobramentos futuros esta pesquisa pretende desenvolver as próximas etapas da bicicleta ergométrica. Uma vez terminada será usada para elaborar protótipos de exergames usando metodologias de design selecionadas através de pesquisa bibliográfica. Deste processo de elaboração dos protótipos é esperado extrair dados que validem as metodologias selecionadas

ou, caso contrário, apontem um direcionamento para o desenvolvimento de metodologias específicas.

#### REFERÊNCIAS

- [1] V. Wattanasoontorn, I. Boada, R. Garcia and M. Sbert. Serious Games for Health. *Entertainment Computing*, volume 4: 231-247, 2013.
- [2] A. Staiano, A. Abraham and S. Calvert. The Wii Club: Gaming for Weight Loss in Overweight and Obese Youth. In *Games for Health Journal: Research, Development, and Clinical Applications*, Volume 1, Number 5: 377-380, 2012.
- [3] M. Ito. Uma alternativa de conscientização sobre prevenção odontológica: desenvolvimento e avaliação do protótipo de um serious game. CEETEPS, 2011.
- [4] B. Oliveira, S. Nesteriuk and P. Queiroz. Exergames: Amostragem da Produção Acadêmica entre 2010 e 2015. In *Proceedings of XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital* (São Paulo, São Paulo, September 8-10, 2016), pages 714-717. SBC|Brasil, 2016.
- [5] J. Sinclair, P. Hingston and M. Masek. Considerations for the design of exergames. In *Proceedings of the 5th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australia and Southeast Asia* (Perth, Australia, December 1-4, 2007), pages 289-295. ACM | USA, 2007.
- [6] J. Johnson. From Atari Joyboard to Wii Fit: 25 years of "exergaming". Publicado em 15.mai.2008. Disponível em: <<http://gadgets.boingboing.net/2008/05/15/from-atari-joyboard.html>>. Acesso em 04.ago.2017.
- [7] M. Barros. Exergames: o papel multidisciplinar do design no desenvolvimento de jogos de exercício físico-funcional para auxílio no combate da obesidade infantil. Universidade Federal de Pernambuco, 2012.
- [8] Nintendo Wii, verbete da Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Wii>
- [9] Equipamentos de Reabilitação Lucy Montoro. Disponível em: <<http://crlmsjc.spdmafilias.org.br/equipamentos-de-reabilitacao/>>. Acesso em 04.ago.2017.
- [10] N. Vernadakis, A. Gioftsidou, P. Antoniou, D. Ioannidis and M. Giannousi. The impact of Nintendo Wii to physical education student's balance compared to the traditional approaches. In *Computers & Education*, volume 2, number 59, pages 196-205. September 2012.
- [11] C. Vagheti, K. Vieira, S. Mazza, L. Signori and S. Botelho. Exergames no currículo da escola: uma metodologia para as aulas de Educação Física. In *Proceedings of XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital* (São Paulo, São Paulo, October 16-18, 2013), pages 268-271. SBC|Brasil, 2013.
- [12] Kinect, verbete da Wikipédia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>
- [13] V. Balista. PhysioJoy: Sistema de Realidade Virtual para Avaliação e Reabilitação de Déficit Motor. In *Proceedings of XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital* (São Paulo, São Paulo, October 16-18, 2013), pages 16-20. SBC|Brasil, 2013.
- [14] G. Rossito, T. Berlim, M. Hounsell and A. Vinicius. SIRTET-K3D: A Serious Game for Balance Improvement on Elderly People. In *Proceedings of XIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital* (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, November 12-14, 2014), pages 601-604. SBC|Brasil, 2014.
- [15] Expresso Bikes. Disponível em: <<https://expresso.com/Home>>. Acesso em: 04.ago.2017.
- [16] Goji Play. Disponível em: <<http://www.bluegoji.com/gojiplay>>. Acesso em: 04.ago.2017.
- [17] Holofit. Disponível em: <<http://www.holodia.com/>>. Acesso em: 04.ago.2017.
- [18] V. Flusser. O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação. Editora Cosas Naify, São Paulo, 2007.

- [19] B. Mikhak, C. Lyon, T. Gorton, N. Gershenfeld, C. McEnnis and J. Taylor. Fab lab: an alternate model of ict for development. MIT, 2002. Disponível em: <<http://cba.mit.edu/events/03.05.fablab/fablab-dyd02.pdf>>. Acesso em: 04.ago.2017.
- [20] C. Anderson. Makers: the new industrial revolution. Crown Business, 2012.
- [21] Fablab – Hardware and Software. Disponível em <<http://fabfoundation.org/index.php/the-hardware-and-software/index.html>>. Acesso em 04.ago.2017.
- [22] Arduino Materia 101. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-materia-101-assembled>>. Acesso em: 04.ago.2017.
- [23] Arduino Introduction. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 04.ago.2017.
- [24] M. Moraes. Arduino sistema de irrigação. Publicado em 14.set.2013. Disponível em: <<https://arduinobymyself.blogspot.com.br/2013/09/sistema-de-irrigacao.html>>. Acesso em 04.ago.2017.
- [25] Kiko's KV3.1li. Disponível em: <<http://www.kikos.com.br/item/produto/bike-kikos-kv-31i>>. Acesso em: 04.ago.2014.
- [26] W. Barfield. Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality. 2. ed. CRC Press, 2001.
- [27] Manual do usuário Samsung Gear VR SM-R322. Disponível em: <<http://www.samsung.com/br/support/model/SM-R322NZWAZTO>>. Acesso em 03.agor.2017.
- [28] J. Carmack. Keynote Oculus Connect, 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nqzpAbK9qFk>>. Acesso em: 26.jun.2017.
- [29] G. Riccio and T. Stoffregen. An Ecological Theory of Motion Sickness and Postural Instability. In *Ecological Psychology*, Ed. 3(3):195-240, 1991.
- [30] Processing. Disponível em: <<https://processing.org/>>. Acesso em: 04.ago.2017.
- [31] Unity. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt>>. Acesso em 04.ago.2017.
- [32] Microsot Visual Studio. Disponível em: <<https://www.visualstudio.com/pt-br/>>. Acesso em: 04.ago.2017.
- [33] Limbo on Steam. Disponível em: <<http://store.steampowered.com/app/48000/LIMBO/>>. Acesso em 04.ago.2017.