

I Blue It: Um Jogo Sérioso para auxiliar na Reabilitação Respiratória

Adam Mews dos Santos
Renato Hartmann Grimes
Marcelo da Silva Hounsell
Fabrício Noveletto.
Universidade do Estado
de Santa Catarina.
Santa Catarina, Brasil.
adammews@gmail.com
rengimes@gmail.com
marcelo.hounsell@udesc.br
fabricio.noveletto@udesc.br

Antônio Vinícius Soares
Universidade da Região de Joinville
Santa Catarina, Brasil.
a.vini@ig.com.br

Helton Eckermann da Silva
Associação Catarinense de Ensino
Santa Catarina, Brasil.
heltonfisiot@yahoo.com.br

Resumo—Reabilitação Respiratória (RR) é um processo da fisioterapia onde pacientes portadores de enfermidades respiratórias podem minimizar seus sintomas. No entanto, o processo de reabilitação muitas vezes tende a ser monótono e repetitivo, acarretando na não aderência ao tratamento pelos pacientes. Jogos Sérios (JS) são alternativas para engajar pacientes ao tratamento, usando o lúdico e a diversão como atrativos. O objetivo deste artigo é apresentar um jogo sério digital para auxiliar na reabilitação respiratória. Concebeu-se um jogo com envolvimento 85 entendidos sobre a área da RR através de 15 avaliações. Constantemente eram avaliadas as mecânicas como estímulos para ações respiratórias. Foi possível realizar a concepção de um JS concordante com as especificações desses entendidos. A avaliação do jogo resultante, I Blue It, foi de 4,08, numa escala de 1 a 5. A influência terapêutica sugere que a ferramenta proposta tem grande utilidade como instrumento de trabalho.

Keywords—jogos sérios; reabilitação respiratória; video-game; realidade virtual;

Abstract—Respiratory Rehabilitation (RR) is a process of physiotherapy where patients with respiratory diseases can minimize their symptoms. However, the rehabilitation process often tends to be monotonous and repetitive, leading to non-adherence to treatment by patients. Serious Games (SG) are alternatives for engaging patients in treatment, using play and fun as attractions. The objective of this work is to present a serious digital game to aid in respiratory rehabilitation. Mechanics were constantly evaluated as stimuli for respiratory actions. It was possible to design a SG according to the specifications of these experts. The game I Blue It's evaluation scored 4.08 in a scale from 1 to 5. The therapeutic influence suggests that the proposed tool has great utility as a working tool.

Keywords—serious games; respiratory rehabilitation; video-game; virtual reality;

I. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) divulgou em 2017 que centenas de milhares de pessoas no mundo sofrem com Doenças Respiratórias Crônicas (DRCs) [1]. As DRCs

são um grupo de patologias crônicas que atingem as vias respiratórias e outras estruturas dos pulmões. Os principais sintomas das DRCs são: fadiga; troca de gases pulmonares anormal; disfunção muscular periférica; disfunção cardíaca ou; a combinação destes citados [2].

A fisioterapia é um conjunto de técnicas e métodos para curar ou minimizar algum tipo de alteração física que gere incapacidade funcional [3]. A Reabilitação Respiratória (RR) é um processo da fisioterapia respiratória em pacientes portadores de DRCs, ou com alguma disfunção respiratória que comprometa a qualidade de vida do paciente [4].

A reabilitação melhora a capacidade física para o exercício, controla a fadiga, a variação da função emocional, níveis de depressão e de ansiedade, melhorando a qualidade de vida dos portadores de DRCs e consequentemente reduz o número de hospitalizações e o custo com tratamentos [5]. Em contrapartida, o processo tende a ser monótono, repetitivo e exaustivo [6], exige uma abordagem sistemática, de longo prazo [7] e que, frequentemente, implica na redução da adesão ao tratamento.

Uma alternativa para elevar o engajamento dos pacientes na reabilitação, pode advir do uso de jogos digitais [8]. Jogos Sérios (JS) são uma classe de jogos digitais que são desenvolvidos com um propósito específico [9] e com participação de especialistas [10].

Para a área da saúde, JS são importantes devido a capacidade de personalizar o jogo para uma população-alvo e disfunções, engajar ao regime de tratamento e proporcionar desafios progressivos, onde o jogador é orientado a desenvolver as habilidades necessárias para progredir a níveis mais avançados [11]. Foram encontrados trabalhos relacionados [12], [13], [14] mas percebeu-se que não há uma solução amplamente aceita, tanto quanto uma metodologia largamente usado para desenvolver esta classe de jogo.

Neste contexto, a proposta desta pesquisa foi desenvolver os componentes e processos de *game design* de um JS

voltado para RR com um dispositivo especial para capturar fluxo de ar respiratório. Apresenta-se o jogo principal “I Blue It” e seus *minigames*. O conjunto é uma ferramenta que atende tanto as necessidades terapêuticas do paciente quanto a do acompanhamento do profissional.

II. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

A. Reabilitação Respiratória (RR)

A Reabilitação Respiratória (RR) é definida como uma intervenção interdisciplinar baseada em evidências para pacientes com DRCs que são sintomáticas e que geralmente acabam por deteriorar as atividades da vida diária [2]. Ainda, segundo esses autores, a RR é implementada por uma equipe exclusiva de profissionais de saúde, podendo ser composta por fisioterapeutas, terapeutas respiratórios, enfermeiros, terapeuta ocupacionais, entre outros.

A intervenção é de acordo com as necessidades individuais do paciente, baseando-se em informações que incluem a severidade, complexidade e comorbidades da doença. Além disso, está direcionada para reduzir sintomas, melhorar a condição funcional, aumentar a participação nas atividades diárias e reduzir custos com cuidados à saúde através da estabilização ou reversão das manifestações sistêmicas da doença, melhorando a qualidade de vida do paciente [15].

Os exercícios realizados pelo paciente tem princípios não muito diferentes dos atletas. O treino físico é efetivo quando a carga total é referente as necessidades do paciente para melhorar a capacidade aeróbica e força muscular, e que deve progredir caso uma melhora aconteça [2]. Existem diversos modos de treino que são requeridos para a melhora na resistência cardiorrespiratória, força e/ou flexibilidade. O objetivo do treinamento é condicionar os músculos respiratórios e a melhora da aptidão cardiorrespiratória, permitindo um aumento na atividade física que esteja associado à redução da falta de ar e da fadiga.

B. Jogos Sérios (JS)

Jogos Digitais são aplicações baseadas em computação gráfica cujo objetivo é prover entretenimento, ou seja, experimentação em um ambiente interativo [16]. Os Jogos Sérios (JS) utilizam abordagens conhecidas da indústria de jogos para torná-los mais atraentes, ao mesmo tempo que oferecem atividades que são utilizadas para um propósito específico, ou seja, trazem a ideia de entretenimento e oferecem certos tipos de experiências, como aquelas voltadas ao aprendizado e ao treinamento [9], [17].

Na área da saúde, JS são importantes por serem capazes de integrar entretenimento ao regime terapêutico, prover ferramentas de progresso do paciente e permitir a alteração do sistema conforme a necessidade dos especialistas [18].

C. Game Design

Game Design é o ato de decidir como um jogo deve ser [19]. Existem abordagens que foram utilizadas em áreas

como as dos trabalhos de [20] e [21], onde não haviam metodologias largamente usadas para guiar o processo de concepção dos JS propostos pelos autores. Neste contexto, os autores usaram metodologias de *game design* que envolviam especialistas de domínio, com o intuito de avaliar o produto *software-jogo* iterativamente.

Para a área da RR, não há uma metodologia de *game design* amplamente usada. Com base nas experiências dos projetos de JS de [20] e [21], criou-se um processo de concepção de um JS com envolvimento de entendidos no domínio da RR, que usa metodologias para orientar o *design* do jogo e avaliar o produto final.

1) *Metodologia Maiêutica (M²)* [22]: Apresenta uma proposta de metodologia de desenvolvimento de Ambientes Virtuais 3D Interativos com foco no processo de ensino e aprendizagem. O diferencial desta metodologia é a forma como ela conduz o processo de concepção, induzindo a reflexão e a criatividade.

A M² possui quatro projetos interdependentes e hierarquizados, sendo que a fase de Projeto Conceitual pode iniciar a definição de requisitos preliminares de um JS. Esta fase indica que deve-se sistematizar as primeiras reuniões para orientar a ideia inicial do jogo, identificar qual a sua finalidade, problemas, público alvo, requisitos funcionais, técnicos e tecnológicos, viabilidade e riscos.

2) *Promoção do Envolvimento de Especialistas de Domínio (PEED)* [23]: Busca envolver entendidos de um determinado domínio no projeto de JS. Através deste método, o JS evolui a partir de *feedbacks*, definindo as estruturas conceituais (técnicas e métodos responsáveis por direcionar o funcionamento do JS) que melhoram e tornam o jogo em um instrumento para suas atividades profissionais.

São necessários no mínimo três atores (*stakeholders*) envolvidos no processo de desenvolvimento de um JS [23]:

- Equipe Técnica de Desenvolvimento (ETD): estudantes, praticantes ou profissionais das áreas de arte, música, engenharia, computação, dentre outros; responsáveis pelo *design* visual, mecânicas e jogabilidade e, até a codificação do jogo;
- Usuários Finais Entendidos (UFE): pesquisadores, profissionais, praticantes, estudantes diretamente relacionados ao domínio, dentre outros; responsáveis por definir e delimitar o foco e conteúdo específico do jogo;
- Usuários Finais Aprendizes (UFA): o jogador; representam o público-alvo.

O PEED parte da ideia de que o projeto não se inicia pelos UFEs, mas sim do ambiente acadêmico (ETD).

3) *Perguntas Objetivas Participativas (POP)* [24]: Foram criadas para reconhecer e avaliar se aspectos específicos da participação do UFA trazem benefícios para o desenvolvimento do projeto.

O questionário é composto por 11 questões, de quatro possíveis alternativas: positivo, neutro, negativo e abstenção. Cada questão possui uma descrição textual para ajudar o

designer a entender o contexto da participação do UFA em seu projeto, relacionado com: reflexão, benefício técnico, benefício pessoal, logística, perfil do UFA, volatilidade, tamanho do grupo, empatia, contribuição conceitual, contribuição técnica, ferramental conceitual e ferramental técnico.

Os resultados do questionário podem ser analisados através de indicadores em função das respostas. Com estes indicadores, *designers* podem obter uma recomendação se devem usar a participação de UFA ou não, o grau de confiança da recomendação e o quão coerente foram suas respostas.

4) *Measure-Oriented Level DEsign (MOLDE)* [18]:

Tem como objetivo traduzir as funcionalidades esperadas pelos UFE, para controlar os níveis de dificuldade do jogo. Segundo os autores, a cada nova rodada de entrevistas com UFEs ou ETDs, novas funcionalidades são analisadas e avaliadas para implementação em uma nova versão do jogo.

O trabalho sugere que as novas funcionalidades sejam convertidas em variáveis que, quando combinadas, controlam a dificuldade do jogo. As variáveis que representam progressões significativas de dificuldades e as que mantêm o entretenimento aceitável do jogo são chamadas de Fases e Níveis, respectivamente. A proposta apresentada faz com que o jogo se adapte a diversos tipos de jogadores, portanto os elementos também devem ser configuráveis em função da população. Com novas funcionalidades surgindo, novas variáveis devem ser testadas em uma nova versão do jogo.

5) *Game Design Document (GDD)* [25]: É um documento guia do processo de desenvolvimento de um jogo e é dependente do contexto de cada projeto. O GDD precisa conter detalhes de jogabilidade, enredo, personagens, interface e regras do jogo. A falta dele pode ocasionar problemas sérios de *design*, falta de recursos e dificuldades de corrigir eventuais problemas [16].

A aplicação da ferramenta textual-teórica apresentada por [26], investiga diversos modelos de GDD e outros métodos de documentação para fazer parte do processo de desenvolvimento de um jogo curto (pouco tempo para desenvolvimento). Os autores partem da hipótese que os modelos tradicionais, em geral, não devem ser utilizados nestes tipos de jogos, por tratarem de documentar aspectos do *design* com um nível de detalhamento que não é necessário para jogos deste porte. A pesquisa realizada pelos autores apresenta uma variação do GDD comum, o *Short Game Design Document* (SGDD), que cria um detalhamento superficial do jogo, de preferência em uma única página, estabelecendo a história, funcionamento e um *checklist* do que deve ser implementado na parte de Arte, Programação e Áudio.

Carvalho e Gomes [27] apresentam um modelo que objetiva servir de fonte de metas que descrevem as experiências que o jogo oferece ao jogador, com pouco texto e muitas imagens que representem os conceitos de mecânicas, entidades, interações, interface de usuário e outros. Esta

abordagem pode ser utilizada em jogos com pouco tempo para desenvolvimento.

Conforme pesquisado, não há um modelo de GDD amplamente usado [28]. Cada modelo tem as suas características que se adequam a determinados projetos e áreas que vão atingir.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Uma pesquisa foi feita na literatura para identificar trabalhos que tenham relação a este. Dentre os trabalhos, apresentam-se os três que mais possuem similaridade com os objetivos desta pesquisa.

A. *Breathe*

Breathe [12] é um conjunto de 6 *minigames* para RR. Foi utilizado um espirômetro comercial como dispositivo de controle de jogo. Cada um aplica apenas um exercício de reabilitação diferente em um paciente com doenças relacionadas a respiração. A partir da performance do jogador, métricas são guardadas para serem analisadas pelo profissional.

A interação do jogador com o jogo é realizada a partir do uso de um espirômetro juntamente com o *software* que mede a quantidade e a frequência de ar em um determinado tempo. Este software captura os dados de respiração que são obtidos quando o jogador realiza respirações com o espirômetro, utilizando-os para realizar as ações dentro do jogo, ou seja, de acordo com os valores obtidos algum movimento do personagem será feito. Além do software providenciar estes dados, existe a possibilidade dos mesmos serem representados em forma de gráficos para que o profissional tenha uma melhor visualização.

No *minigame* River Crossing, o paciente movimenta um camelo (personagem) com a respiração. O objetivo do jogo é ajudar o camelo a atravessar um rio pulando em troncos de madeiras flutuando de um lado para o outro. Quando o paciente inspira, o personagem pula em um tronco. Caso o exercício não seja executado com o mínimo de esforço necessário, o camelo não consegue alcançar o próximo tronco e volta para o início do nível. O *minigame* permite alterar a quantidade de troncos que refletem o comportamento respiratório esperado do paciente.

B. *Wind Runners*

Wind Runners [13] objetivou incentivar crianças com asma a medir seus picos de fluxo expiratório diariamente. O jogo utilizou um dispositivo portátil para capturar os dados. O dispositivo foi construído com um sensor de pressão diferencial que faz a captura os dados de fluxo de ar e os transmite para um *smartphone* via Bluetooth e a uma funcionalidade do sistema operacional Android no dispositivo cliente que faz a conversão dos dados de pressão em dados de fluxo baseados em uma calibração.

O jogo é do gênero plataforma 2D e possui elementos de *puzzle*. O jogador faz o exercício de pico antes de começar o jogo. O valor do pico é usado para guiar uma bola na fase. Quanto maior o pico, mais longe ele pode guiar a bola.

C. *ChillFish*

ChillFish [14] é um jogo desenvolvido para crianças com déficit de atenção. O jogo ocorre em um ambiente marinho 2D onde o jogador controla um personagem peixe que deve coletar o maior número de estrelas possíveis dentro de dois minutos. O controle do personagem acontece por meio da inspiração (movimento para baixo) e expiração (movimento para cima) do jogador, que deve respirar de acordo com o ritmo de estrelas que aparecem. As estrelas ficam posicionadas em lugares fáceis e confortáveis para o jogador coletá-las, com espaçamento adequado para que a respiração normal contínua do jogador faça a coleta das estrelas.

O jogo usa um dispositivo com *design* de peixe, relacionando o personagem como o nome do jogo. O controlador utiliza um sensor de temperatura acoplado em um micro-controlador, detectando mudanças na temperatura quando o jogador respira. O movimento do personagem é determinado por alterações na temperatura capturados pelo dispositivo, assim, o personagem se move se a temperatura for fria ou quente. O autor afirma que o dispositivo não necessita de calibração e que não é afetado pela temperatura ambiente.

D. Comparação

Realizou-se uma comparação dos jogos relacionados para definir funcionalidades em que a proposta de jogo pudesse herdar dos trabalhos relacionados e apresentar inovações. A Tabela I apresenta as principais funcionalidades do jogo proposto neste artigo.

Tabela I
FUNCIONALIDADES DO I BLUE IT (NI = NÃO IDENTIFICADO)

Funcionalidades	Breathe	Wind Runners	ChillFish	I Blue It
Mistura manobras ou ações respiratórias?	Não	Não	Não	Sim
Dispõe de dispositivo de baixo custo e protegido?	Não	Sim	Sim	Sim
Jogo desenvolvido com UFEs?	Sim	NI	NI	Sim
Pode ser personalizado por UFEs?	Sim	NI	NI	Sim

Nenhum dos jogos relacionados apresentou a mistura das ações respiratórias em um único jogo. O jogo proposto neste artigo, o “I Blue It”, buscou dispor de um dispositivo de baixo custo, protegido por filtro bacteriológico, desenvolvido com o envolvimento de UFEs e prover dados e personalizações para os entendidos.

Todos os jogos mencionados usam dados de fluxo respiratório coletado da boca, e não diretamente do nariz, o que sugere que esta forma é suficiente e adequada para incentivar as manobras respiratórias. Ainda, todos os jogos apresentam seu *design* com aspectos infantilizados o que sugere que este é o principal público-alvo de iniciativa nesta área.

IV. GAME DESIGN DO “I BLUE IT”

Os trabalhos de [20] e [21] serviram como base para o desenvolvimento de um processo de concepção de JS. Estes jogos buscaram garantir que o produto-jogo estivesse adequado ao público-alvo e possuisse utilidade para os UFEs. A seguir, descrevem-se as fases da concepção do JS que foi originário do ambiente acadêmico (não foi uma demanda recebida de UFEs). O processo de concepção buscou envolver entendidos no domínio da fisioterapia respiratória e pneumologia no projeto, iterativamente, a fim de orientar o desenvolvimento do jogo e definir seus pilares conceituais.

O “I Blue It” é dividido em duas partes: plataforma e *minigames*. O primeiro apresenta diversos níveis em progressão de dificuldade, com mistura de ações respiratórias, em diferentes fases; o segundo traz jogos rápidos com experiências e mecânicas únicas, estendendo o tempo de jogo e trazendo resultados para comparações.

O processo iniciou com o seguinte contexto:

- 1) Preocupou-se em ter contribuição científica;
- 2) Buscou apresentar uma inovação tecnológica;
- 3) A duração máxima da execução do projeto é de dois anos;
- 4) A equipe é pequena (duas pessoas comprometidas);
- 5) Equipe é incompleta em relação aos times de desenvolvimento de jogos tradicionais (sem time artístico, de compositores/som e outros);
- 6) Tema do jogo proveniente do ambiente acadêmico (ETD);
- 7) Não iniciou com comprometimento de UFEs;
- 8) Influenciado pela preocupação de que o JS seja efetivo, com utilidade, visando resultados.

Com base nas condições iniciais e nos atores identificados, realizou-se a concepção de um GDD (versão zero), em *slides*. O documento, inicialmente, era curto, tinha descrições sucintas e servia de consulta e apresentação para os *stakeholders* envolvidos. Nesta fase, os requisitos e a versão do GDD mudaram em função dos novos encontros, iterando a quantidade de atores, reuniões, ideias e dimensão do *design* do jogo. A adição de novas condições impactaram na modificação do GDD. A ideia de construir o GDD em *slides* foi devido a facilidade de servir como apresentação para possíveis novos atores a se envolverem ou se comprometerem com o jogo.

Com a aplicação das POP, concluiu-se que a indicação final da participação dos UFA durante o processo de desenvolvimento era não recomendada, com 90.9% de confiança e 100% de coerência.

A. Game Design Document

Abaixo são especificados os componentes do “I Blue It”:

Objetivo: Auxiliar na recuperação de pacientes com disfunções respiratórias;

Hardware: Batizado PITACO, é um dispositivo digital, portátil e de baixo custo baseado no funcionamento de um pneumotacógrafo. Utilizando um sensor digital de pressão diferencial, o PITACO pode mensurar fluxos respiratórios em um tubo. Por fazer parte de um microcontrolador com conexão USB, os fluxos são disponibilizados para uso em sistemas computacionais.

Software: “I Blue It” é um jogo sério digital, de gênero plataforma, para *desktop*, incentivador para reabilitação respiratória, rico em dados/recursos para o terapeuta.

Condições Obrigatórias:

- 1) Auxiliar o Treinamento Muscular Respiratório;
- 2) Uso ambulatorial;
- 3) Uso (sempre) acompanhado por um profissional;
- 4) Uso por crianças e adultos;
- 5) Uso individual (não colaborativo);
- 6) Flexibilidade para definir outros padrões respiratórios;
- 7) Personalizável por grupo populacional (configurações para crianças diferente dos adultos);
- 8) Jogo 2D é suficiente;
- 9) Deve armazenar dados;
- 10) Pontuação dirigida pelo processo terapêutico (evolui com a terapia).

Restrições:

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

O Jogo: “I Blue it” é um jogo plataforma que conta a história da viagem do golfinho azul “Blue”. O nome do jogo faz referência ao ato de soprar (*blow* em inglês) e é um trocadilho com a expressão “*you blew it!*” quando o jogador não respira adequadamente para o jogo. O objetivo é alcançar alvos e desviar de obstáculos para passar de fase, usando a respiração como controle para o personagem “Blue”. Alvos estão relacionados com os picos de fluxo respiratório e os obstáculos com a duração da respiração.

Navegabilidade: O jogo identifica se é a primeira vez do paciente jogando. Caso sim, o paciente é levado a uma tela de cadastro e em seguida realiza a calibração de sua respiração. Caso não, carrega-se os dados do jogador e apresenta-o a tela de menu. A Figura IV-A ilustra a navegabilidade.

Jogabilidade: As ações do golfinho são controladas pela respiração do paciente detectada pelo dispositivo. Fluxos expiratórios fazem o Blue mergulhar e inspiratórios, saltar da água.

Mecânicas: Alvos aparecem nas Fases 1 (fácil) e 2 (médio), obstáculos nas Fases 2 e 3 (difícil). É possível que UFEs criem outros níveis (Fase 4), conforme necessidade. Níveis são liberados quando o jogador conseguir ter um

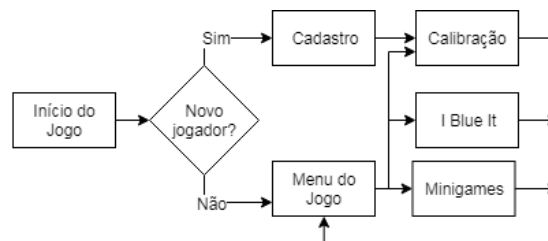


Figura 1. Navegabilidade do I Blue It

aproveitamento de 70% e bloqueados quando menor que 30% na captura ou desvio de objetos da fase jogada (tanto para expiração quanto para inspiração). Caso o jogador colida com obstáculos e perca suas 5 vidas, é fim de jogo.

Transições: O jogo evolui em função do tempo de jogo (relacionado com a quantidade de objetos), da altura/tamanho dos objetos e da velocidade em que os objetos vão em direção do jogador. A Tabela IV-A apresenta a transição da dificuldade do jogo.

Tabela II
TRANSIÇÃO DA DIFICULDADE DO I BLUE IT

Fase	Nível	Tempo (seg)	Alvos	Obstáculos	Velocidade
1	1	30	Baixos	-	Lento
1	2	30	Médios	-	Lento
1	3	30	Altos	-	Lento
1	4	50	Baixos	-	Médio
1	5	50	Médios	-	Médio
1	6	50	Altos	-	Médio
1	7	70	Baixos	-	Rápido
1	8	70	Médios	-	Rápido
1	9	70	Altos	-	Rápido
2	1	30	Baixos	Pequenos	Lento
2	2	30	Baixos	Médios	Lento
2	3	30	Baixos	Grandes	Lento
2	4	60	Médios	Pequenos	Médio
2	5	60	Médios	Médios	Médio
2	6	60	Médios	Grandes	Médio
2	7	90	Altos	Pequenos	Rápido
2	8	90	Altos	Médios	Rápido
2	9	90	Altos	Grandes	Rápido
3	1	40	-	Pequenos	Lento
3	2	40	-	Médios	Lento
3	3	40	-	Grandes	Lento
3	4	80	-	Pequenos	Médio
3	5	80	-	Médios	Médio
3	6	80	-	Grandes	Médio
3	7	120	-	Pequenos	Rápido
3	8	120	-	Médios	Rápido
3	9	120	-	Grandes	Rápido

Dados capturados: Pressão diferencial (direto do dispositivo); Picos de respiração; Tempo de respiração; Frequência de respiração e; Informação de sessão de jogo. Histórico

formato CSV: início de jogo (data e hora); fim de jogo (data e hora); duração do nível (segundos); resultado (sucesso/fracasso); fase; nível; *score*; *score* máximo alcançável; razão (*score/score máximo*); quantidade de alvos gerados; quantidade de alvos inspiração capturados; quantidade de alvos expiração capturados; quantidade de obstáculos gerados; quantidade de obstáculos inspiração capturados e; quantidade de obstáculos expiração capturados.

Pontuação: São contabilizado toques em Alvos e desvios de Obstáculos. A pontuação dos alvos variam com a altura e os obstáculos, com o tamanho. Obstáculos valem duas vezes mais pontos que alvos devido ao exercício ser mais difícil.

V. I BLUE IT: O JOGO

Usando a respiração como controle do personagem Blue, o objetivo do jogador é alcançar alvos e desviar de obstáculos para concluir as fases. Alvos (verde) estão relacionados com os picos de fluxo respiratório e os obstáculos (vermelho) com a duração da respiração. A Figura 2 ilustra um nível do jogo com seus objetos em ação, onde é possível ver no HUD o tempo restante, a pontuação (*score*), as vidas que são referentes a quantidade de vezes que se pode bater em um obstáculo, a razão que mostra a porcentagem de objetos capturados e indicativos de fase/nível.

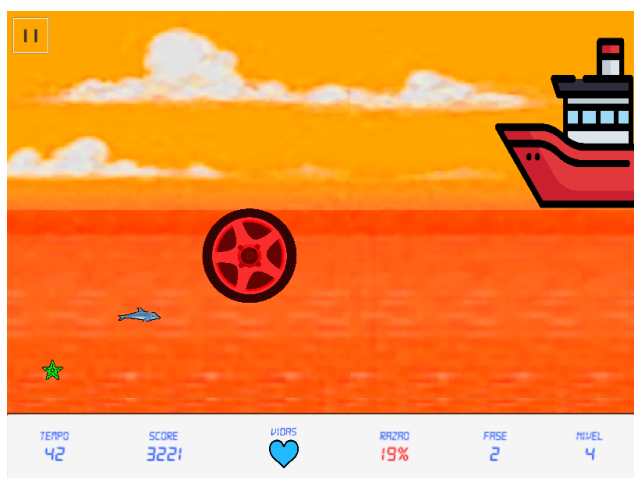


Figura 2. Fase 2 Nível 4 do I Blue It

O jogo também foi pensado para que o profissional pudesse customizar o jogo, tendo um maior controle do que o paciente devia fazer. A plataforma e os *minigames* possuem dados configuráveis de forma simples para que o UFE possa propor ao paciente um nova fase ou uma mecânica diferente.

O jogo possui uma funcionalidade de cadastro de jogador onde este tem um histórico de uso de jogo. Os dados da sua calibração, histórico, dados da plataforma e *minigames* estão em formatos *Comma-Separated Values* (CSV) em que

os profissionais podem estar utilizando como base de dados através de *softwares* de planilhas.

Primeiramente é realizada uma calibração dos valores que serão utilizados na plataforma e *minigames*. A calibração consiste em realizar 5 ações respiratórias, 3 vezes cada uma, obtendo o melhor valor entre elas: 1) pico de fluxo expiratório; 2) pico de fluxo inspiratório; 3) manutenção do fluxo expiratório; 4) manutenção do fluxo inspiratório e; 5) respiração normal. Terminado a calibração, o jogador libera a plataforma e os *minigames*.

A plataforma é o principal modo de jogo e consiste em coletar os alvos e desviar de obstáculos. As ações do golfinho são controladas pela respiração do paciente detectada pelo dispositivo, onde fluxos expiratórios fazem o Blue mergulhar e inspiratórios, saltar da água. O jogo é dividido em 3 fases, cada uma contendo 9 níveis com diferentes abordagens de alvos, obstáculos, tempo e velocidade. É possível que os profissionais criem novos níveis (como Fase 4), conforme a necessidade para definir novas manobras ou sessões personalizadas.

Os alvos aparecem nas Fases 1 (fácil) e 2 (médio), obstáculos nas Fases 2 e 3 (difícil). O níveis são liberados quando o jogador consegue um aproveitamento de 70% e bloqueados quando menor que 30% na captura ou desvio de objetos da fase jogada. Caso o jogador colida com obstáculos e perca suas 5 vidas, é fim de jogo. A pontuação é contabilizada a partir dos toques em alvos e desvios de obstáculos, onde variam de acordo com a altura e o tamanho, respectivamente. Os obstáculos valem duas vezes mais pontos que alvos devido ao exercício de manutenção ser mais desafiador.

Os dados capturados são: pressão diferencial (diretamente do dispositivo); picos, tempo e frequência de respiração; informação de sessão de jogo.

A. Minigames

Diferentemente da plataforma que propõe ao jogador todos os exercícios respiratórios misturados em cada fase e ao longo de todo o jogo, os *minigames* são propostos para dar opções específicas dos exercícios ao profissional de saúde, ou seja, cada minigame traz um único exercício respiratório para o paciente. Cada uma das cinco ações respiratórias que são executadas na plataforma foram divididas em 5 *minigames* distintos. Dos cinco *minigames* apresentados apenas três foram implementados em tempo hábil de projeto: Bolo, Copo D'Água e Frutas.

O motivo para criar jogos separados do principal foi de que o profissional possuiria novas formas de treinar as capacidades do paciente. Os *minigames* propõem exercícios específicos e calculam resultados separadamente. Cada jogo é composto por uma ação respiratória repetida em três tentativas. Em cada partida o jogador alcança uma pontuação relativa às medidas capturadas durante a calibração.

Dos cinco exercícios respiratórios abordados na plataforma, três foram utilizados para criar os *minigames* até o

presente momento. Os *minigames* são:

- 1) **Bolo:** O jogo objetiva apagar três velas em cima de um bolo (Figura 3). As velas que estão inicialmente acesas deverão ser apagadas de acordo com pico expiratório (sopro) do jogador, medido e comparado com valores base da calibração. O jogo tenta induzir o sopro forçado com o intuito de apagar todas as velas do bolo. Assim, o jogador tem uma facilidade em compreender o que deve ser feito, mesmo que as mensagens de aviso indiquem como será o jogo.

Em cada rodada o jogador possui 10 segundos para realizar um pico expiratório. Caso não aconteça, é induzido um *feedback* sonoro de “falha de rodada” e aquela rodada é perdida (recebe pontuação zero), passando para a próxima ou para o fim de jogo caso esta seja a última.

A pontuação de cada rodada (indicada pelas estrelas na Figura 3) deste *minigame* é obtida através da quantidade de estrelas que o jogador conseguiu apagar, onde a quantidade de velas apagadas, corresponderá a mesma quantidade de estrelas que ficarão douradas. Quando o jogador consegue apagar ao menos uma vela, é retornado um *feedback* de forma sonora e textual, indicando um sucesso na rodada.

Ao final das três rodadas, um placar final é mostrado que apresenta a pontuação obtida em cada rodada e os picos expiratórios correspondentes.



Figura 3. Tela do jogo o Bolo

- 2) **Copo D'Água** A proposta do jogo é executar um pico inspiratório no dispositivo para que o jogador beba a água do copo através de um canudinho (Figura 4). O jogo tenta trazer uma ação que é realizada na vida real, simples de assimilar o que deve ser feito. A pontuação é definida em função do pico que o jogador conseguiu para a rodada, que é então comparada com os valores da calibração. Como no jogo do Bolo, em cada rodada o jogador possui 10 segundos para realizar um pico inspiratório. Caso não aconteça, é induzido um *feedback* sonoro de

“falha de rodada” e aquela rodada é perdida (recebe pontuação zero), passando para a próxima ou para o fim de jogo caso esta seja a última.

A pontuação de cada rodada (indicada pelas estrelas na Figura 4) deste *minigame* é obtida através do pico de inspiração do jogador. Para cada pico, irá existir um nível de água do copo, exceto quando o jogador conseguiu “tirar” toda a água. E para cada nível terá uma correspondência à quantidade de estrelas que ficarão douradas. Quando o jogador consegue “tirar” uma certa quantidade de água do copo, é retornado um *feedback* de forma sonora e textual, indicando um sucesso na rodada.

Ao final das três rodadas, um placar final é mostrado que apresenta a pontuação obtida em cada rodada e os picos inspiratórios correspondentes.



Figura 4. Tela do jogo Copo D'Água

- 3) **Frutas:** O jogo traz a ação da frequência respiratória (inspiração seguida de expiração) para o jogador movimentar o pássaro (personagem) no ambiente (Figura 5). O ambiente é repleto de frutas nas quais o jogador deve coletá-las. As frutas são espaçadas para que o jogador consiga executar as ações inspiração/expiração corretamente, ou seja, realizar uma inspiração e uma expiração com base na sua calibração. A altura dos objetos é sempre a mesma, o que vai manter a movimentação adequada do pássaro. As frutas servem de pontuação para o jogador e são utilizados para dar um resultado final, indicando quantas frequências respiratórias conseguiu alcançar.

O profissional terá a opção de escolher qual será o tempo em que o paciente ficará jogando em cada rodada. Esta opção é apresentada no início do jogo e possui valores padrões e máximos que podem ser alterados conforme a necessidade do profissional.

A pontuação de cada rodada (indicado no canto superior direito da Figura 5) deste *minigame* é através da coleta das frutas, em que cada vez que o pássaro encostar em alguma fruta é dado um *feedback* sonoro positivo e soma-se um ponto na pontuação geral. Rea-

lizando a frequência respiratória, acaba-se coletando as frutas e assim incrementando a pontuação do jogador. Ao final das três rodadas, um placar final é mostrado que apresenta a pontuação obtida em cada rodada.



Figura 5. Tela do jogo Frutas Rolantes

- 4) **Cata-Vento** O Cata-Vento é um dispositivo que utiliza a força dos ventos para movimentar-se em seu próprio eixo. Para que o objeto fique se movimentando, é necessário ter a manutenção de um fluxo de ar.

O jogo traz o ato de movimentar um cata-vento a partir do manutenção (tempo) da expiração do jogador. Com o cata-vento posicionado no centro da tela, o jogador utiliza o dispositivo para expirar pelo maior tempo possível que conseguir, tendo a impressão que o está fazendo na vida real. Com o cata-vento posicionado no centro da tela, a cada início de rodada espera pelo sopro prolongado do jogador. Quando o mesmo começar o ato de expirar, o cata-vento começa a girar. A velocidade do cata-vento é aumentada de acordo com o tempo de expiração do jogador, que tem base no valor calibrado. Quando o cata-vento atinge a sua velocidade máxima, significa que o tempo de expiração do jogador, naquela partida, foi igual ou maior do que o calibrado.

Após isso, a rodada só acaba depois que o dispositivo não conseguir mais captar a expiração do jogador. A pontuação é feita de forma similar aos *minigames* Bolo e Copo D'Água. O jogador recebe estrelas correspondentes ao seu desempenho alcançando.

- 5) **Acendendo a Fogueira** A ação respiratória trabalhada neste *minigame* é o tempo de inspiração, o oposto do Cata-Vento. O personagem do jogo é um fole.

No jogo, o fole está apontado para uma fogueira que está com poucas chamas. O objetivo do jogo é fazer com que o jogador inspire pelo maior tempo possível para que quando o tempo acabar, o fole expila o ar que o jogador acumulou. Quanto maior o tempo de inspiração alcançado em uma rodada, mais ar estará contido no fole, e por consequência maior será o fogo, cumprindo o objetivo do jogo.

Após isso, a rodada só acaba depois que o dispositivo não conseguir mais captar a inspiração do jogador.

VI. PITACO: DISPOSITIVO PARA CAPTURA DE FLUXO DE AR RESPIRATÓRIO

No “I Blue It”, o jogador precisa ter um controle para realizar as ações necessárias dentro do jogo. Para isso, foi necessário construir um aparelho para a captura de fluxo de ar respiratório que retorne os valores em função das ações dentro do jogo.

O pneumotacógrafo é um aparelho padrão que mede fluxo e volume respiratório [29]. O pneumotacógrafo mede o fluxo de ar através da diferença de pressão sob uma resistência de tubos capilares, de acordo com a lei de Hagen-Poiseuille. Por estes motivos, construiu-se um pneumotacógrafo baseado no Pneumotacógrafo de Fleisch [30], como controle de video-game, apelidado PITACO. A Figura 6 ilustra o dispositivo especial construído para o “I Blue It”.

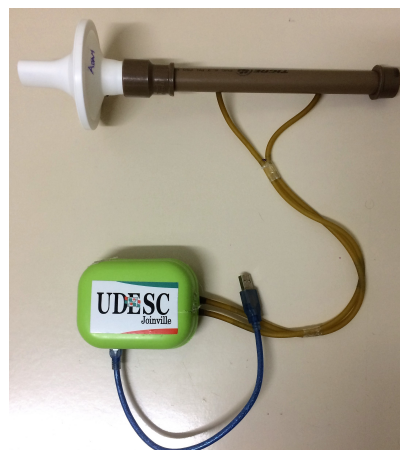


Figura 6. Dispositivo medidor de fluxo PITACO

Este dispositivo foi construído utilizando: cano e reduutores de PVC, sensor de pressão diferencial eletrônico (MPX5010DP), canudinhos, microcontrolador (Arduino Nano R3), cabo USB para conexão ao computador e um filtro bacteriológico acoplado como bocal do dispositivo. O filtro é um componente extra e descartável usado para proteger o dispositivo e o paciente de possíveis contaminações. Os materiais são de fácil aquisição no comércio e a montagem pode ser feita por pessoas com pouco conhecimento técnico.

O dispositivo captura valores de pressão diferencial proporcionais ao fluxo de ar através de um tubo de PVC. O sensor é conectado ao microcontrolador Arduino, possibilitando o uso em sistemas computacionais. Envia-se através de conexão serial somente valores diretos do sensor MPX5010DP por serem os mais primários disponibilizados pelo dispositivo, viabilizando sua reutilização em outros projetos.

Seu algoritmo pode ser editado por qualquer pessoa com conhecimentos em programação de Arduino. Para suavizar o sinal gerado pelas amostras, utilizou-se um filtro digital de média móvel. Este filtro foi suficiente por [31, p. 277]: 1) ser ótimo para reduzir ruídos aleatórios; 2) ter um baixo custo computacional e; 3) para o “I Blue It”, estabilizou e suavizou os movimentos do Blue.

A calibração do jogo exige que o jogador calibre 5 ações respiratórias: 1) pico expiratório (Figura VI); 2) pico inspiratório; 3) manutenção da expiração (Figura VI); 4) manutenção da inspiração e; 5) frequência respiratória. A seguir, são apresentados sinais do PITACO ao executar exercícios respiratórios da calibração do “I Blue It”.

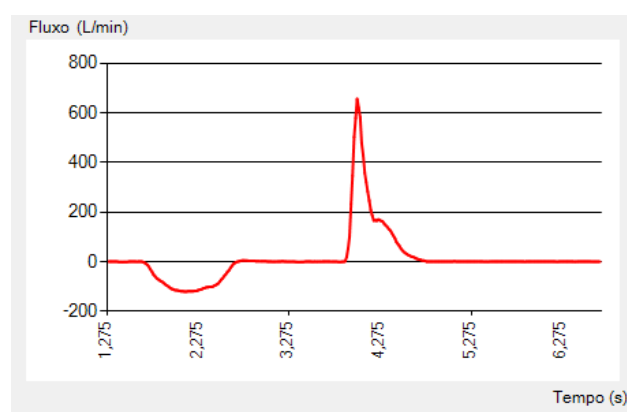


Figura 7. Ilustração de um sinal gerado por pico expiratório

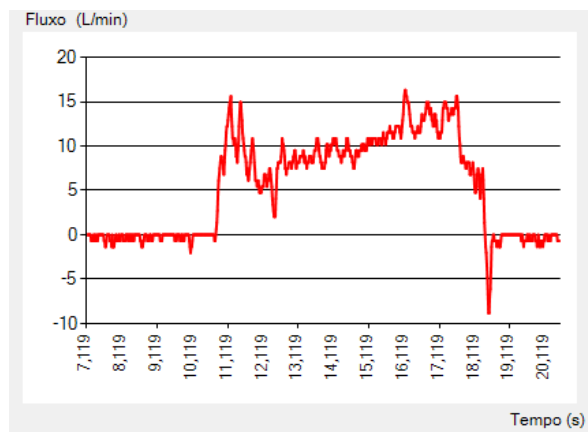


Figura 8. Ilustração de um sinal gerado pela manutenção da expiração

O PITACO ainda não foi comparado a instrumentos clínicos equivalentes mas, seu princípio de funcionamento é suficiente para que ele seja usado como um incentivador do “I Blue It”, com a vantagem de se ter controle em tempo real do fluxo. Seu baixo custo, flexibilidade e fácil montagem promovem uma alternativa para auxiliar no processo terapêutico respiratório.

VII. CONCLUSÕES

O processo de design apresentado abrangeu a integração de metodologias para concepção de Jogos Sérios provenientes do ambiente acadêmico, com um *Game Design Document* sucinto. Foi considerado todas as informações dos atores em diversos momentos para guiar a concepção.

Com o estudo de trabalhos relacionados e aplicação das ferramentas M² - Projeto Conceitual, POP, PEED e MOLDE, foi possível realizar a concepção de um JS concordante com as características do ambiente acadêmico e especificações dos UFES.

Os jogos apresentados foram resultados de 15 iterações com 85 UFES (fisioterapeutas, médicos pneumologistas, fisioterapeutas respiratórios, neurologistas) os quais avaliavam constantemente as mecânicas dos jogos como estímulos para manobras respiratórias. Assim, os jogos tiveram forte influência da prática terapêutica o que sugere, também, que terá grande utilidade e efetividade como instrumento de trabalho. A avaliação do jogo resultante, I Blue It, foi de 4,08, numa escala de 1 a 5 [32].

O JS apresentado armazena dados do jogador em arquivos formato CSV, logo pode-se implementar ferramentas que possam trabalhar com os dados dos jogadores e que tenham opções de visualização adequadas para que a ferramenta seja mais atrativa para os profissionais.

Importante ressaltar que o projeto do “I Blue It” não dispôs de uma equipe de *design* visual, ilustração, nem sonorização. Portanto, o foco inicial deste trabalho foi na concepção dos jogos e dispositivos para atender aos UFES, traduzidos em mecânicas e dinâmicas para os jogos. O design da estética será desenvolvido em trabalhos futuros.

Apenas três das cinco ações respiratórias em *minigames* foram implementadas. A implementação dos restantes também é um objetivo de melhoria.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação (PROMOP) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), à Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC), à Fundação Instituto Tecnológico de Joinville (FITEJ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro parcial a este projeto.

Para mais informações sobre o projeto e download gratuito do jogo, visite: <https://udescmove2learn.wordpress.com/>

REFERÊNCIAS

- [1] F. of International Respiratory Societies, *The Global Impact of Respiratory Disease*, 2nd ed. Sheffield, 2017.

- [2] M. Spruit, S. Singh, C. Garvey, R. ZuWallack, L. Nici, C. Rochester, K. Hill, A. Holland, S. Lareau, W. Man *et al.*, “An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation,” *American journal of respiratory and critical care medicine*, vol. 188, no. 8, pp. e13–e64, 2013.
- [3] S. Goldfeld and J. Polissuk, *Pequeno Dicionário de Termos Médicos*. Atheneu, 2000.
- [4] I. de Godoy and M. M. Knorst, “Reabilitação do pneumopata crônico,” *Pneumologia: No consultório*, pp. 657–674, 2009.
- [5] A. B. S. Fernandes, “Reabilitação Respiratória em DPOC: a importância da abordagem fisioterapêutica,” *Pulmão RJ*, vol. 1, no. 1, pp. 71–78, 2009.
- [6] S. Barros, N. Passos, and M. A. S. N. Nunes, “Estudo inicial sobre Acidente Vascular Cerebral e Serious Games para aplicação no projeto AVC do núcleo de tecnologia assistiva da UFS,” *Revista GEINTEC*, vol. 3, pp. 129–143, 2012.
- [7] J. Bousquet and N. Khaltav, *Vigilância global, prevenção e controle das doenças respiratórias crônicas: uma abordagem integradora*. Organização Mundial da Saúde, 2007.
- [8] E. Boyle, T. Connolly, and T. Hainey, “The role of psychology in understanding the impact of computer games,” *Entertainment Computing*, vol. 2, no. 2, pp. 69–74, 2011.
- [9] S. Blackman, “Serious games... and less!” *ACM Siggraph Computer Graphics*, vol. 39, no. 1, pp. 12–16, 2005.
- [10] M. Zyda, “From visual simulation to virtual reality to games,” *Computer*, vol. 38, no. 9, pp. 25–32, 2005.
- [11] C. Watters, S. Oore, M. Shepherd, A. Abouzied, A. Cox, M. Kellar, H. Kharrazi, F. Liu, and A. Otley, “Extending the use of games in health care,” in *System Sciences*, vol. 5, 2006, pp. 1–8.
- [12] B. Lange, S. Flynn, C.-Y. Chang, A. Rizzo, and M. Bolas, “Breathe: a game to motivate the adherence of breathing exercises,” *Journal of Physical Therapy Education*, vol. 25, no. 1, pp. 30–35, 2011.
- [13] S. Nikkila, G. Patel, H. Sundaram, A. Kelliher, and A. Sabharwal, “Wind runners: designing a game to encourage medical adherence for children with asthma,” *12th Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2411–2416, 2012.
- [14] T. Sonne and M. M. Jensen, “Chillfish: A respiration game for children with ADHD,” *Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 271–278, 2016.
- [15] M. d. G. R. Machado, “Reabilitação pulmonar,” *Bases da Fisioterapia Respiratória*, pp. 458–467, 2008.
- [16] T. L. A. Machado, “Game live logs: uma plataforma de conversação para atenuar conflitos no desenvolvimento de games,” Master’s thesis, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.
- [17] J. Alvarez and D. Djaouti, “An introduction to Serious Game: Definitions and Concepts,” *Serious Games & Simulation for Risks Management*, vol. 11, pp. 11–15, 2011.
- [18] E. H. Farias, H. C. de Oliveira, M. da Silva Hounsell, and G. M. Rossito, “MOLDE - A Methodology for Serious Games Measure-Oriented Level DEsign,” *XIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 29–38, 2014.
- [19] J. Schell, *The Art of Game Design: a book of lenses*. CRC Press, 2014.
- [20] R. B. Schroeder, “Wobu-Bubble - Jogo Sério para o Equilíbrio Dinâmico de Pacientes com Hemiparesia,” Master’s thesis, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2017.
- [21] M. F. de Carvalho, “Move4Math: Jogos Sérios para Alfabetização Matemática,” Master’s thesis, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2017.
- [22] E. L. Silva, M. da Silva Hounsell, and A. Kemczinski, “Metodologia Maiêutica: Uma proposta metodológica para desenvolvimento de Ambientes Virtuais 3D,” *IX Symposium on Virtual and Augmented Reality*, pp. 1–4, 2007.
- [23] W. D. F. Rutes, H. C. Oliveira, and M. da Silva Hounsell, “PEED: Uma Metodologia para Promoção do Envolvimento de Especialistas de Domínio em Projetos Acadêmicos de Jogos Sérios,” *XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 447–454, 2015.
- [24] H. C. Oliveira, M. da Silva Hounsell, and I. Gasparini, “POP: An Instrument to Decide on the Adoption of Participatory Design,” *International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 141–152, 2016.
- [25] J. Novak, *Game Development Essentials: an introduction*. Cengage Learning, 2011.
- [26] R. Motta and J. T. Junior, “Short Game Design Document (SGDD). Documento de Game Design aplicado a jogos de pequeno porte e advergimes, um estudo de caso do advergime Rockergirl Bikeway,” *XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 115–123, 2013.
- [27] D. M. L. Carvalho and F. de J L Gomes, “Simple Game Design Document Focused on Gameplay Features,” *XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 722–725, 2016.
- [28] W. K. Hira, M. V. P. Marinho, F. B. Pereira, and A. Barboza Jr, “Criação de um modelo conceitual para Documentação de Game Design,” *XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 329–336, 2016.
- [29] C. A. de C Pereira, “Espirometria,” *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 28, no. Suppl 3, pp. S1–S82, 2002.
- [30] A. Fleisch, “Der pneumotachograph; ein apparat zur geschwindigkeitsregistrierung der atemluft,” *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, vol. 209, no. 1, pp. 713–722, 1925.
- [31] S. Smith, *Digital Signal Processors*. California Technical Pub. San Diego, 1997.
- [32] R. H. Grimes, “Um Sistema Biomédico com Jogo Sério e Dispositivo Especial para Reabilitação Respiratória,” Master’s thesis, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2018.