

O Processo de *Design* de um Sistema Biomédico com Jogo Sério e Dispositivo Especial para Reabilitação Respiratória

Renato Hartmann Grimes
Universidade do Estado de Santa Catarina.
Departamento de Engenharia Elétrica.
Joinville, Santa Catarina, Brasil.
rengrimes@gmail.com

Adam Mews dos Santos
Marcelo da Silva Hounsell
Universidade do Estado de Santa Catarina.
Departamento de Ciência da Computação
Joinville, Santa Catarina, Brasil.
adamnews@gmail.com
marcelo.hounsell@udesc.br

Resumo—Jogos Sérios são jogos desenvolvidos para um objetivo específico e utiliza o entretenimento e engajamento como auxílio. Na área da reabilitação respiratória, não há uma solução amplamente aceita e nem um método de *game design* orientado para este tema. O objetivo deste artigo é apresentar o processo de *design* de um Sistema Biomédico (SB), com jogo sério e dispositivo de captura de fluxo de ar, que promove a participação de entendidos sobre reabilitação respiratória para avaliar o potencial de utilidade do sistema. Com base nos resultados, foi possível concluir que o percurso metodológico de *design* para desenvolvimento do jogo sério utilizado resultou em um SB que terá utilidade (avaliado em 4,08 numa escala de 1 a 5, por 32 estudantes de fisioterapia) para auxiliar na reabilitação respiratória.

Keywords—sistema biomédico; jogo sério; reabilitação respiratória; *game design*

I. INTRODUÇÃO

Jogos Sérios (JS) são jogos desenvolvidos para um objetivo específico, utilizando-se do entretenimento e engajamento proveniente da experiência de jogo [1]. O conceito de JS define este tipo de jogo como: a) tendo um objetivo além do só entretenimento [2]; b) aquele que foi desenvolvido com um propósito específico [3] ou c) aquele que foi concebido desde o início para um objetivo com participação de especialistas [4]. O atual contexto do desenvolvimento de jogos inclui não somente a função de entretenimento mas sua utilidade em solucionar problemas [5].

Para a área da saúde, JS são importantes devido a capacidade de personalizar o jogo em função de pacientes e disfunções, engajar ao regime de tratamento e proporcionar desafios progressivos, onde o jogador deve desenvolver as habilidades necessárias para progredir a níveis mais avançados [6].

Para desenvolver um jogo sério, há a necessidade de envolver especialistas de domínio do tema abordado pelo jogo para auxiliar no desenvolvimento. Além disso, os documentos devem servir para eventuais consultas sobre o sistema e ser utilizado como apresentação para potenciais investidores. Diversos autores [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15] discutem e apresentam diferentes visões,

documentos e procedimentos de *game design*, o que sugere não ter um padrão de *design* pelo fato de cada projeto ter o seu próprio contexto. Logo, diferentes projetos tendem a executar processos diferentes, especialmente os JS que precisam envolver especialistas.

Para a realidade acadêmica dos JS que têm equipes pequenas e cerca de 2 anos de desenvolvimento, o produto JS precisa basear-se em *Design Participativo* para entender quais fatores os que afetam o uso do software [16]. O JS deve ser avaliado, o processo precisa abranger as expectativas de especialistas e os documentos devem apresentar a maioria das características do *game* proposto de forma sucinta, tanto para os desenvolvedores quanto para os especialistas.

Segundo os resultados do mapeamento de jogos para saúde de [17], apenas 2 de 108 jogos abordavam doenças respiratórias. Estas conclusões sugerem que são poucos os jogos que tratam sobre este tema, pois os existentes são voltados para as questões educacionais. Isso reforça importância de desenvolver um jogo que envolva a musculatura respiratória. Estudou-se jogos para RR (Reabilitação Respiratória) e com temas similares [18], [19], [20], [21], e concluiu-se que não há uma solução amplamente aceita, tanto quanto um método ou processo de *design* de jogos largamente usado para este tipo de intervenção [22].

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2017 [23], a deficiência respiratória é causa de diversas incapacidades e mortes em todas as regiões no mundo. A OMS informa que as doenças respiratórias representam 5 das 30 causas mais comuns de morte. Cerca de mais de um bilhão de pessoas sofrem com Doenças Respiratórias Crônicas (DRC) ou agudas. No Brasil, segundo o levantamento da Secretaria de Vigilância em Saúde [24] publicado em 2016, DRCs foram responsáveis por mais de 6 milhões de internações no Sistema Único de Saúde no período de 2003 a 2013 com cerca de 600 mil óbitos no país.

Segundo o Fórum das Sociedades Respiratórias Internacionais [23], uma das ações essenciais para reduzir a carga de doenças respiratórias é aumentar as pesquisas para desenvolver programas, ferramentas e estratégias para

melhor prevenir e tratar doenças respiratórias.

A fisioterapia se refere a um conjunto de técnicas e métodos voltados a minimizar incapacidades funcionais físicas [25], onde a RR é um dos processos que interveem nas DRCs [26]. Entretanto, este processo tende a ser repetitivo e cansativo [27], acarretando redução da adesão ao tratamento pelos pacientes [28].

Engenharia Biomédica define a aplicação de princípios elétricos, químicos, óticos e mecânicos para entender, modificar ou controlar sistemas biológicos (como humanos ou animais) [29]. A definição de um Sistema Biomédico (SB) pode ser interpretada como a interação entre dispositivos eletrônicos, jogos digitais, voltados a analisar e entender sistemas biológicos (jogador). Esta tríade propõe um sistema capaz de prover dados para o dia-a-dia de profissionais da reabilitação respiratória e engajamento para seus pacientes se manterem no processo de reabilitação.

Neste contexto, a proposta deste trabalho é apresentar o processo de *design* de um SB baseado em princípios da RR, com um JS e um dispositivo (controle do jogo) para capturar fluxo de ar respiratório que buscou que promover participação de entendidos sobre RR, para avaliar o potencial de utilidade do SB proposto.

Este artigo está estruturado de forma a apresentar, na seguinte ordem, os conceitos fundamentais, os trabalhos relacionados, o processo de *design* do JS, os dados obtidos com a avaliação de utilidade com 32 alunos de fisioterapia, uma discussão sobre o percurso metodológico e as conclusões.

II. CONCEITOS

A seguir, apresentam-se uma breve descrição dos conceitos principais abordados neste trabalho.

A. Design Participativo

O *design* participativo consiste em a equipe de desenvolvimento ter acesso permanente a um conjunto de usuários tidos como representativos da população-alvo [30]. Este tipo de *design* busca integrar o usuário final no time de desenvolvimento, participando em diferentes fases do ciclo de vida de um software, seja na análise de requisitos, prototipação e avaliação/testes [31].

A vantagem desta abordagem é que os *designers* podem ter um entendimento mais profundo dos fatores psicológicos, organizacionais, sociais e ergonômicos que afetam o uso do software [16].

B. Reabilitação Respiratória (RR)

Segundo a definição da *American Thoracic Society* e da *European Respiratory Society Statement on Pulmonary Rehabilitation* [32], Reabilitação Respiratória é uma intervenção para pacientes com disfunções respiratórias que são sintomáticas e que geralmente degradam as atividades da vida diária. Integrada no tratamento individualizado do

paciente, a RR é direcionada a reduzir sintomas, melhorar a capacidade funcional de trabalho e reduzir custos com cuidados à saúde através da estabilização ou reversão das manifestações sistêmicas da doença.

Doenças respiratórias podem ser categorizadas em doenças restritivas ou doenças obstrutivas. As restritivas são caracterizadas pela fraqueza dos pulmões expandirem, dificultado a troca de gases entre o ambiente e o paciente e as obstrutivas são doenças caracterizadas pela presença de obstruções no canal respiratório que dificultam a expiração, geralmente são seguidas de tosse ou chiado [33], [34].

A definição sugere que este tipo de intervenção não foca na melhora da capacidade respiratória mas na melhora do desempenho das atividades da vida diária e da qualidade de vida dos pacientes [35].

C. Game Design

Game Design é o ato de decidir como um jogo deve ser [11], focando na experiência em que o jogo deve proporcionar [12]. Apesar de esta ser uma definição simples e objetiva, o *game designer* deve encontrar maneiras de usar as interações do jogo para dar uma boa experiência ao jogador.

Existem abordagens que foram utilizadas em áreas como as dos trabalhos de [14] e [15], 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. Portanto, através das experiências provenientes do desenvolvimento dos trabalhos de [14] e [15], 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.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns trabalhos disponíveis na literatura auxiliam em momentos específicos do *design* de um JS, na concepção, no *level design*, no *Design Participativo* dos usuários finais (jogador), dentre outros. Abaixo alguns destes trabalhos são apresentados.

A. Metodologia Maiêutica (M^2) - Projeto Conceitual

O trabalho de [36] apresenta uma proposta de metodologia de desenvolvimento de Ambientes Virtuais com foco no processo de ensino e aprendizagem. Segundo os autores, o diferencial desta metodologia é a forma como ela conduz o processo de concepção, induzindo a reflexão e a criatividade.

A M^2 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.

A ideia do Projeto Conceitual é suficiente para as primeiras reuniões pois orienta, sistematicamente, fazer perguntas para induzir uma reflexão e criatividade sobre o tema do jogo.

B. Promoção do Envolvimento de Especialistas de Domínio (PEED)

O trabalho de [37] aborda uma metodologia participativa e iterativa para envolver entendidos no domínio do projeto de JS. Através do PEED, o JS evolui com *feedbacks*, definindo pilares conceituais (técnicas e métodos responsáveis por direcionar o funcionamento do JS) que enriquecem e tornam o jogo aderente às suas necessidades.

A PEED busca identificar um consenso mínimo com os especialistas, mesmo que sejam de áreas diferentes.

A metodologia destaca pelo menos três atores (*stakeholders*) envolvidos no processo desenvolvimento:

- Equipe Técnica de Desenvolvimento (ETD): responsáveis pelo game *design* e visuais, mecânicas e jogabilidade e, até a codificação do jogo (estudantes, praticantes ou profissionais de arte, *design*, computação, programação, desenvolvimento de *software*, entre outros);
- Usuário Final Entendido (UFE): pesquisadores profissionais, professores, praticantes, estudantes, dentre outros; responsáveis por definir e delimitar o foco e conteúdo específico do jogo;
- Usuário Final Aprendiz (UFA): o jogador; representam o público-alvo.

O PEED pressupõe de que a ideia do projeto não parte dos UFE mas do ambiente acadêmico (ETD). Apesar do PEED abordar avaliação, não é contemplado qual o instrumental de avaliação.

C. Perguntas Objetivas Participativas (POP)

O questionário desenvolvido por [38] foi criado para reconhecer e avaliar se aspectos específicos do processo participativo, em relação a participação do usuário final (jogador), trazem benefício para o desenvolvimento do projeto de um JS.

O POP é composto por 11 questões, de quatro alternativas: positivo, neutro, negativo e abstenção. Cada questão possui uma descrição textual para ajudar o *designer* a entender o contexto. As questões são ligadas a uma dimensão específica do *design* participativo: 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 são analisados através de indicadores baseados nas respostas. Com estes indicadores, os *designers* podem obter uma recomendação se devem usar

a participação de usuários finais ou não, o grau de confiança da recomendação e o quão coerente foram suas respostas.

D. Measure Oriented Level DEsign (MOLDE)

O MOLDE é uma metodologia iterativa desenvolvida por [39] a qual objetiva traduzir as funcionalidades esperadas pelos UFE, em variáveis para controlar a progressão dos níveis de dificuldade do jogo. As variáveis que representam progressões significativas de dificuldade são chamadas de Fases. As variáveis que buscam manter o foco através da diversão do jogo, são chamadas de Níveis. A metodologia propõe que o jogo se adapte a cada tipo de jogador, portanto suas variáveis também devem ser ajustadas em função da População.

Dessa forma, o processo de tradução é iterativo. Conforme novas funcionalidades vão surgindo, novas variáveis devem ser testadas em uma nova versão do protótipo de jogo.

O MOLDE também propõe salvar informações em arquivos de formato Comma Separated Value (CSV) por serem fáceis de organizar e entender.

E. Serious Exergame Utility - Questionnaire (SEU-Q)

O SEU-Q de [40] é um instrumento para avaliar a percepção de utilidade de *exergames* sérios e o quanto tem aplicabilidade profissional. O propósito da avaliação é identificar como o jogo cumpre as expectativas das ETD, UFE e UFA considerando que reconhecem o JS como um instrumento para auxiliar um propósito sério. Além disso, serve para que os UFE e ETD percebam, como o seu público-alvo responderia os questionamentos de jogabilidade, interface, mecânica, entre outros.

Esta pesquisa utilizou uma versão melhorada SEU-Q devido a melhorias no questionário durante a execução desta pesquisa, principalmente em virtude de melhor clareza na apresentação das perguntas e na abrangência das conclusões obtidas em função das respostas. A nova versão do SEU-Q possui uma escala de 1 a 5 (ao invés de 7), em ordem crescente de concordância, onde 1 significa “discordo completamente”, 5 significa “concordo completamente”. Apresenta uma melhor distinção entre as características do jogo e os mesmos grupos de visões, como na versão anterior, porém separados em 3 subgrupos de afirmações. O primeiro grupo de afirmações (Q1 - Q9) pede para que o entrevistado responda colocando-se na visão dos jogadores, sendo: 1) afirmações de Q1 a Q3 estão relacionadas com a interação do jogo; 2) afirmações de Q4 a Q6, com o *feedback* e; 3) afirmações de Q7 a Q9, com a motivação. O segundo grupo (Q10 - Q18) pede para que o entrevistado coloque-se na visão dos profissionais que irão usar o jogo, sendo: 1) afirmações de Q10 a Q12 estão relacionadas com a terapêutica para o profissional; 2) afirmações de Q13 a Q15, com a aceitação para atividade profissional e; 3) afirmações de Q16 a Q18, com a motivação para uso. O terceiro

grupo apresenta 3 questões discursivas sobre as vantagens, desvantagens e sugestões.

F. Considerações Finais

Cada contribuição acima contempla aspectos importantes mas isolados do *game design* de JS. Este trabalho apresenta uma forma de articular esses aspectos/metodologias de forma a se obter todo um percurso processual que inicia de uma ideia geral na forma de um objetivo sério e termina com um detalhamento e protótipo funcional de JS, conforme detalhado a seguir.

IV. PROCESSO DE DESIGN

A Figura 1 apresenta o fluxograma do processo de *design* do SB. O processo iniciou com o seguinte contexto:

- 1) Preocupou-se em ter contribuição científica diferencial;
- 2) Buscou-se apresentar uma inovação tecnológica;
- 3) A duração máxima da execução do projeto é de dois anos;
- 4) A equipe é pequena (duas pessoas de perfil técnico 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.

Na Figura 1, em vermelho, os identificadores relacionam as fases do processo com o texto a seguir para orientar a leitura.

O tema, o problema, público-alvo e os recursos para o problema foram definidos a partir do *brainstorm* com UFEs (P1). Essas atividades podem ser executadas sem uma ordem específica e serem repetidas o quanto for necessário.

Com o tema e seus elementos definidos, o passo seguinte foi realizar uma pesquisa do escopo. O objetivo foi encontrar conhecimentos introdutórios e trabalhos relacionados com o tema (artigos, livros, manuais, definições e outros) a fim de ter um conhecimento geral sobre o assunto e possibilitar ter capacidade de conversar com UFEs para direcionar o desenvolvimento do JS.

Com o conhecimento inicial sobre o tema, concebeu-se os aspectos funcionais e informacionais. No primeiro momento, através do entendimento cruzado, buscou-se:

- Ter clareza do objetivo de cada *stakeholder* envolvido;
- Definir um pequeno conjunto de condições (requisitos) baseados em pilares conceituais que guiarão o processo de desenvolvimento;
- Definir as expectativas dos UFEs;
- Contemplar possíveis ideias de jogo;
- Compreender testes, avaliações, diagnósticos e outros;

- Verificar benefício da participação dos UFEs com base nas POP (P2);
- Listar representantes dos UFEs que podem se envolver ou se comprometer com o projeto (com base nas POP);
- Listar representantes dos UFEs que podem se envolver ou se comprometer com o projeto;
- Listar representantes da ETD que podem se envolver ou se comprometer com o projeto;
- Detalhar recursos (cronograma, pessoas, materiais, custo, complexidade de implementação e outros);

Com a aplicação e cálculo dos resultados das POP no “I Blue It”, concluiu-se que a indicação final da participação dos UFEs durante o processo de desenvolvimento é não recomendada, com 90.9% de confiança e 100% de coerência.

Com base nas condições iniciais e nos atores identificados, realizou-se a primeira concepção de um *Game Design Document* (GDD) em *slides* (P3). 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. 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 das iterações, com a quantidade de atores, reuniões, ideias e dimensão do *design* do jogo. No primeiro momento, o GDD não começou completo mas evoluiu com as iterações. A adição de novas condições impactaram na modificação do GDD.

As condições (requisitos) definidas nesta fase, para o GDD, foram divididas em:

- Obrigatórios, aqueles que o jogo deve contemplar;
- Desejáveis, aqueles que o jogo pode contemplar mas que devem ser implementados depois das obrigatórias e;
- Restrições, aqueles que o jogo não pode contemplar.

Com base nas apresentações em *slides* do trabalho de [15], [14] e nos GDDs tradicionais e curtos de [9], [12], [13], construiu-se uma lista de elementos que, para o contexto deste trabalho, foi preenchida ao longo das iterações:

- Objetivo: Definição do objetivo sério do projeto;
- Hardware: Dispositivo que o jogo utiliza, seu tipo e suas características;
- Software: Gênero de jogo e a plataforma alvo;
- Condições: Requisitos do jogo separados por obrigatórios, desejáveis e restrições;
- O Jogo: Nome do jogo, fantasia/metáfora e sinopse breve;
- Navegabilidade: Descreve as principais telas do jogo;
- Jogabilidade: Descreve a interação do jogo com o jogador [41];
- Mecânicas: Conjunto de regras que regem o jogo [41];
- Transição: Regras que definem a mudança de estado do jogo, para Fase e Nível.

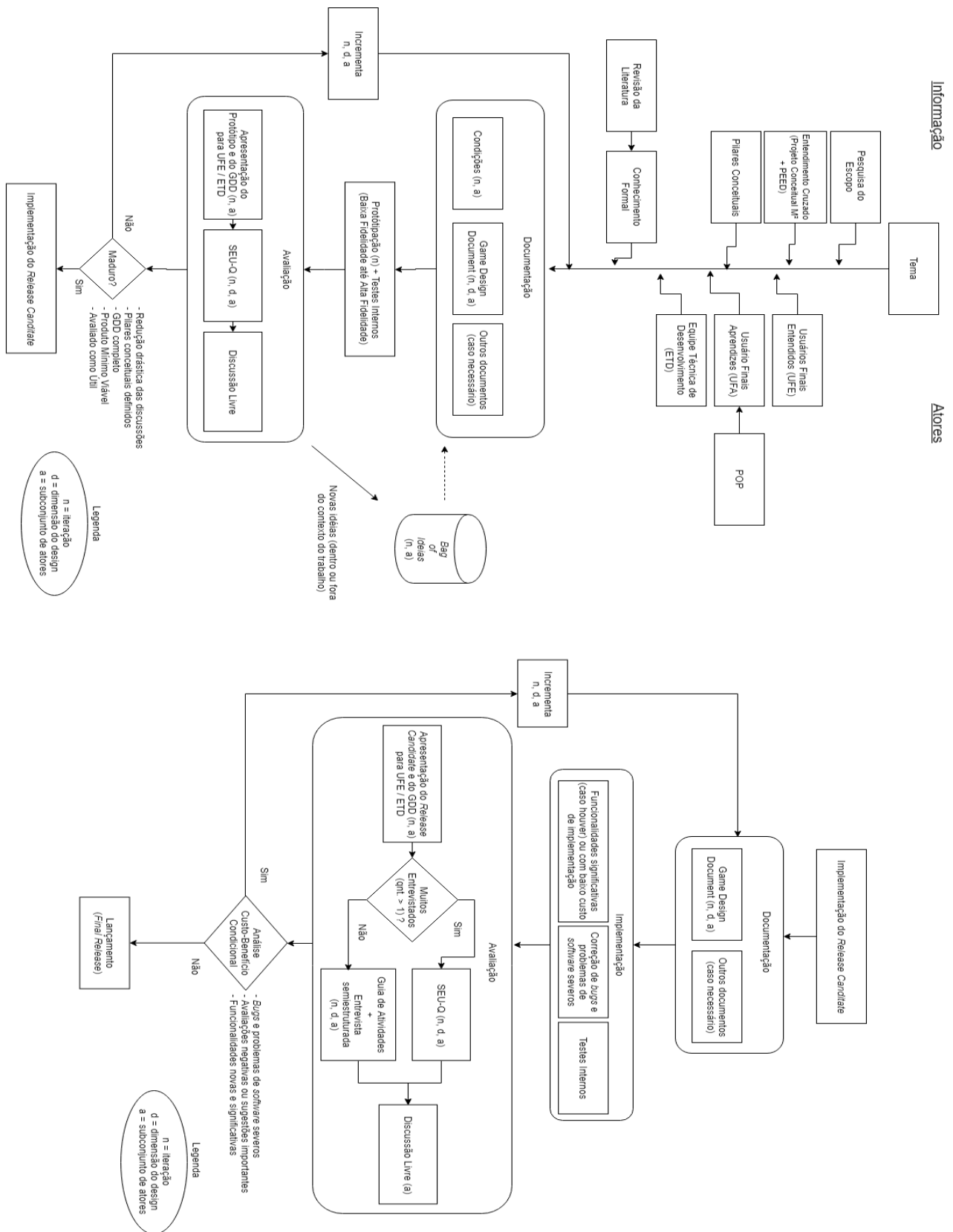


Figura 1. Processo de *design* do “I Blue It”

- **Dados Capturados:** Recursos sérios que o jogo pode fornecer aos UFEs;
- **Pontuação:** Deve ser baseada no contexto e nas variáveis do JS;
- **Feedbacks:** Respostas as ações do jogador durante o jogo. Tanto visual quanto sonoro (caso não houvesse vídeo demo);
- **Vídeo Demo:** Demonstração em vídeo de aproximadamente 60 segundos para apresentar a jogabilidade do jogo. Útil para prevenir imprevistos (por exemplo, protótipo não funcionar na hora da apresentação).

Com os requisitos e o GDD, implementou-se um protótipo de baixa-fidelidade que foi de uma versão *sketch* até uma versão jogável (alta-fidelidade). Este serviu para ser apresentável e propor uma jogabilidade básica das mecânicas do jogo. A cada iteração, o protótipo evoluiu em função das novas definições dos requisitos e do GDD.

A fase de apresentação do GDD serviu de avaliação pelos atores envolvidos (P5). Quanto mais decisões, detalhes, requisitos e restrições incorporadas, mais o GDD se atualizou e se consolidou. Por ser uma apresentação, novas ideias foram geradas. As novas ideias que causavam conflito com os requisitos definidos foram armazenadas em uma lista (*Bag of Ideas*, P4) para que pudessem ser utilizadas em momentos oportunos.

Nesta fase, também aplicou-se o SEU-Q, após a apresentação do GDD. O SEU-Q avaliou o potencial de utilidade do jogo de cada encontro.

As condições de parada para o levantamento de condições/requisitos foram:

- Quando não haviam mais conflitos de condições entre as anteriores e novas;
- Quando não apareciam mais novas informações relevantes.

Os protótipos podem ser separados em 3 macro etapas de desenvolvimento:

- 1) Protótipo de Baixa-Fidelidade (PBF): mecânica era apresentada somente nos slides, com sketches e descrições em texto, e o funcionamento do dispositivo era apresentado em vídeo;
- 2) Protótipos de Média Fidelidade (PMF): mecânica e o funcionamento do dispositivo eram apresentados via vídeo;
- 3) Protótipo Funcional (PF, *Release Candidate*): mecânicas e dispositivos apresentados por demonstração ao vivo.

O protótipo alcança um nível de maturidade (P6) sobre os pilares conceituais do jogo quando:

- houve redução drástica das discussões e questionamentos sobre os requisitos e restrições;
- os pilares conceituais estavam definidos;
- o GDD tornou-se completo;
- obteve-se um Produto Mínimo Viável;

- o jogo e dispositivo foram avaliados como útil.

A finalização indicou iniciar o processo de implementação da versão *Release Candidate* (RC).

A implementação do RC atualizou os *assets* e a arquitetura de *software* do *I Blue It*, melhorando o código-fonte do *software* para que trabalhos futuros tivessem facilidade em estudar, utilizar ou modificar o código e recursos do jogo (P7). O processo de concepção do RC seguiu o processo de concepção do protótipo, com certas particularidades.

Na fase de documentação, não considerou-se novos requisitos por impactarem na complexidade do projeto. Novas condições poderiam alterar toda a arquitetura do projeto, durante uma fase em que tempo era escasso.

A fase de implementação (P8) buscou trabalhar funcionalidades significativas, correção de *bugs* e problemas de *software* e testes internos. As novas funcionalidades eram avaliadas (P9) em função da complexidade de implementação e tempo restante do projeto.

Ao final de cada iteração, analisou-se o custo-benefício para lançar o jogo (P10), em função de 3 condições. Caso surgissem *bugs* e problemas de *software* severos, avaliações negativas, sugestões importantes e novas funcionalidades significativas, se incrementou a iteração, a dimensão de *design* do RC e o subconjunto de atores envolvidos.

V. APLICAÇÃO DO PROCESSO NO GAME *Design* DE UM JOGO SÉRIO PARA REABILITAÇÃO RESPIRATÓRIA

Realizou-se 15 iterações envolvendo 85 UFEs, 18 ETDs e 3 UFAs (através de observações) ao longo de 15 meses. Um total de aproximadamente 19 horas de encontros com os envolvidos, considerando o tempo de apresentações, aplicação de questionário/entrevista e discussões. Apesar do foco deste artigo não ser a apresentação do jogo, segue abaixo algumas características específicas que foram determinadas ao longo das 15 iterações.

A. *I Blue It: Um Jogo Sério para Reabilitação Respiratória*

“*I Blue It*” [42] 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 “*I Blue It*” é dividido em modo calibração, plataforma e *minigames*. O primeiro apresenta um meio de calibrar as capacidades respiratórias do jogador com o jogo. O segundo, diversos níveis em progressão de dificuldade, com mistura de ações respiratórias, em diferentes fases. O terceiro traz jogos rápidos com experiências e mecânicas únicas, usando uma das ações respiratórias necessárias para o jogo, estendendo o tempo de jogo e trazendo resultados para comparações.

O objetivo do jogador é alcançar alvos (verdes) e desviar de obstáculos (vermelhos) para passar de fase, usando a respiração como controle para o personagem “Blue”. A Figura 2 mostra um nível do jogo.

Alvos estão relacionados com os picos de fluxo respiratório e os obstáculos com a duração da respiração. O intervalo, altura, tamanho, espaçamento, quantidade e sequência dos objetos são controlados através de arquivos em formato *Comma-Separated Value*, que podem ser alterados e personalizados pelos UFE. As ações do golfinho são controladas pela respiração do paciente detectada por um dispositivo protótipo medidor de fluxo respiratório. Com a combinação dessas variáveis, definiu-se 31 níveis, divididos em 4 fases para o jogo. Novos níveis são liberados quando o jogador conseguir ter um aproveitamento de 70% nos desafios da fase jogada (tanto para expiração quanto para inspiração).

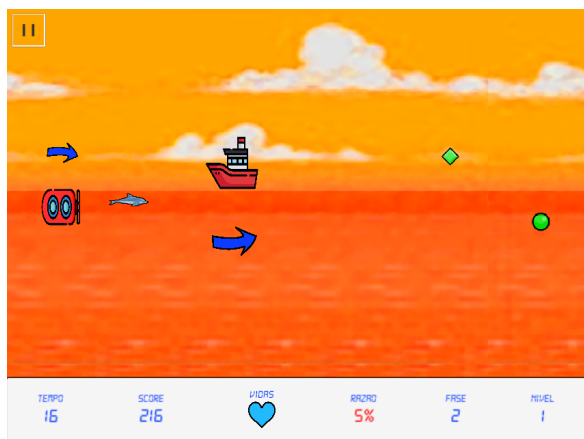


Figura 2. Tela do jogo I Blue It

B. PITACO: Bioinstrumentação para captura de fluxo de ar

Existem diversos tipos aparelhos medidores de fluxo e volume respiratório, sendo o pneumotacógrafo o padrão [34]. Estes aparelhos geralmente são menores, mais leves e mais dependentes de eletrônica do que outros aparelhos medidores de capacidades pulmonares. Pneumotacógrafos medem o fluxo de ar através da diferença de pressão sob uma resistência de tubos capilares, de acordo com a lei de Hagen-Poiseuille [43]. Por estes motivos, construiu-se um pneumotacógrafo baseado no Pneumotacógrafo de Fleisch [44] como controle de *video-game*, apelidado PITACO.

O dispositivo captura valores de pressão diferencial proporcionais ao fluxo de ar através de um tubo de policloreto de vinila (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.

O PITACO ainda não foi comparado a instrumentos clínicos equivalentes mas, seu princípio de funcionamento é suficiente para que seja usado com incentivador, com controle em tempo real do fluxo. O baixo custo, flexibilidade

e fácil montagem constitui uma ferramenta alternativa para auxiliar no processo de fisioterapia respiratória. A Figura 3 mostra o dispositivo montado.

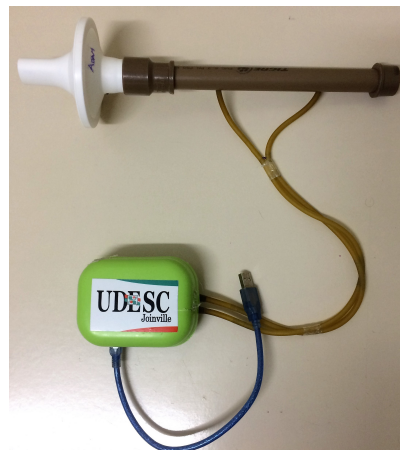


Figura 3. Dispositivo PITACO

VI. AVALIAÇÕES

A seguinte seção apresenta resultados e discussões da última avaliação realizada para concepção do jogo. Para avaliar a utilidade do jogo, utilizou-se o SEU-Q [40]. O objetivo de utilizar estas ferramentas foi coletar impressões e avaliações sobre o potencial de utilidade do SB.

A Tabela I apresenta os resultados do último encontro (com 32 alunos de uma turma de fisioterapia), que responderam o SEU-Q e, em geral, tinham conhecimento intermediário em jogos digitais e pouco conhecimento em jogos digitais para reabilitação respiratória.

O encontro seguiu o seguinte roteiro: 1) apresentação do GDD do jogo em *slides*; 2) apresentação do vídeo demonstração do estado do protótipo; 3) aplicação do SEU-Q e; 4) discussão livre.

Para análise dos resultados, destacaram-se as maiores (verde) e as menores (vermelhas) notas dos indicadores do questionário para cada iteração. Os critérios de desempate usados foram: 1) o menor número de respostas em branco; 2) o valor da média; 3) o maior número de vezes que o valor mais próximo da média repetia (mediana) e; 4) o valor do desvio padrão.

Através da análise dos resultados dos SEU-Q, obtiveram-se os indicadores de média, mediana, moda e desvio padrão das perguntas objetivas. Das perguntas discursivas, identificou-se as conclusões mais relevantes que indicavam vantagens, desvantagens e as sugestões sobre o estado jogo apresentado.

A Q2 (sobre a facilidade em realizar os desafios do jogo) apresentou o pior indicador. Baseando-se na leitura das respostas discursivas, sugere-se que este resultado seja em função dos UFEs considerarem as diversas disfunções

Tabela I
RESULTADOS GERAIS DA ITERAÇÃO COM ALUNOS DE FISIOTERAPIA
(N=32)

		Questão	μ	m	M	σ
		I1	2.8	3	3	1.14
		I2	1.5	1	1	0.72
Visão dos Jogadores	Interação	Q1	4.1	4	4	0.65
		Q2	3.4	3	3	0.75
		Q3	3.7	4	4	0.94
	Feedback	Q4	3.9	4	4	0.85
		Q5	4.1	4	4	0.5
		Q6	4.2	4	4	0.75
	Motivação	Q7	4.1	4	4	0.73
		Q8	4.3	4	4	0.6
		Q9	4.3	4	4	0.63
Visão dos Profissionais	Terapêutica	Q10	4.5	4	4	0.51
		Q11	4.5	4.5	5	0.57
		Q12	4.3	4	4	0.59
	Aceitação	Q13	3.9	4	4	0.78
		Q14	3.9	4	4	0.83
		Q15	4.1	4	4	0.75
	Motivação	Q16	4.3	4.5	5	0.92
		Q17	3.6	4	4	0.91
		Q18	4.3	4	4	0.65

respiratórias dos pacientes, incluindo idosos e pacientes com quadro neurológico.

Ao analisar os resultados do grupo visão dos jogadores, destacam-se Q8 (sobre o interesse dos UFA na atividade profissional com jogo) e Q9 (sobre o engajamento dos UFA) com os melhores indicadores. Estes resultados sugerem que o jogo está interessante e divertido, com destaque para motivação.

Sobre os resultados sob visão dos profissionais, Q10 (sobre a utilidade do jogo) e Q11 (sobre a utilidade dos dados) apresentaram as melhores médias. Ressalta-se o consenso em Q10 por apresentar o menor desvio padrão. Com base nestes resultados, sugere-se que o jogo e seus dados são úteis para os UFEs fisioterapeutas.

A Q17 (sobre adotar o jogo) apresentou a pior média do grupo. Como não havia uma explicação imediata, buscou-se saber o motivo deste ter sido o pior resultado no grupo através da leitura das respostas discursivas dos alunos, porém não foram encontrados tais indicativos. Boa parte das respostas não comentavam sobre este critério. Então, avaliou-se uma hipótese que, como ainda são alunos em graduação e muitos deles não tinham experiência profissional, possivelmente eles não tinham conhecimento suficiente para concordar fortemente com a afirmação apresentada na Q17.

Durante as discussões, houve uma sugestão de controle total das fases, em termos de posicionamento dos objetos, quantidade, velocidades e número de níveis, possibilitando o fisioterapeuta descrever novos padrões respiratórios e

novas maneiras de jogar. Considerando o tempo restante do projeto, percebeu-se que a funcionalidade sugerida era muito significativa e possível de ser implementada, apesar da sua complexidade em termos de implementação de *software*.

Em geral, as principais vantagens do jogo relatadas textualmente foram a motivação em aderir ao tratamento, os dados providos, e a utilidade para os fisioterapeutas em promover Treinamento Muscular Respiratório. As desvantagens abrangem a familiaridade tecnológica dos idosos e a qualidade do “jogar” em função da disfunção respiratória do paciente.

Como conclusão desta avaliação, implementou-se um sistema onde o profissional poderia alterar todas os parâmetros de todas as Fases-Níveis. Ressalta-se, também, a possibilidade de montar padrões respiratórios (que pudessem ser programados) usando como base as configurações do próprio jogo.

VII. PERCURSO METODOLÓGICO

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.

A PEED aborda um processo iterativo mas não apresenta quais ferramentas para validação do potencial de utilidade do JS, portanto utilizou-se o SEU-Q, que foi eficaz para avaliar as percepções de utilidade. Com o estudo dos trabalhos relacionados, foi possível adaptar as experiências destes projetos em um processo iterativo que abordava outras ferramentas de desenvolvimento de jogos. O MOLDE propiciou assertividade nas definições do *level design* e ofereceu flexibilidade aos UFEs.

Como esperado, a ETD contribuiu mais no aspecto estético e técnico e, os UFEs contribuíram nos aspectos de reabilitação, segurança, prevenção de contaminação, dados e conteúdo específico da área. Ambos concordaram que o jogo tem potencial de utilidade.

VIII. CONCLUSÕES

Na área da RR, não há um processo ou metodologia padrão ou amplamente usado para desenvolvimento de JS sobre este tema. O objetivo deste artigo foi apresentar o processo de desenvolvimento de um SB com JS para RR que promovesse a participação de UFEs e avaliasse o potencial de utilidade do SB. Os resultados da última avaliação com o SEU-Q mostraram que o SB tinha utilidade como ferramenta de trabalho para UFEs fisioterapeutas.

Como resultado da aplicação do processo, concebeu-se um SB coerente com as expectativas dos UFEs e que teve seu potencial de utilidade avaliado. Foram consideradas demandas de UFEs em diversos momentos para guiar a concepção. O JS resultante teve uma avaliação positiva ($\mu = 4,08$) pois usou metodologias de *game design* e *Design Participativo*, buscou envolvimento de entendidos e de trabalhos e definições relacionados com o tema. A nota média final geral sugere que os fisioterapeutas perceberam um potencial de utilidade no SB.

Em geral, entende-se que a empatia com idosos por parte destes UFE fez com que este grupo de questões sobre *Interação* fosse o pior avaliado. Os grupos *Feedback*, *Motivação do uso do jogo* e *Aceitação* obtiveram notas boas (muito próximas ou maiores que 4), indicando que os UFEs concordaram sobre estes aspectos. O grupo de questões mais bem avaliado foi o *Terapêutica*, sugerindo que o SB proposto tem grande utilidade como instrumento de trabalho.

Foi possível concluir que o percurso metodológico de *design* para jogo sério, proposto neste artigo, resultou em um SB que tem utilidade para auxiliar na reabilitação respiratória. Com base nos resultados do SEU-Q, entende-se que o jogo tinha utilidade para os UFEs, promovia treinamento muscular respiratório e estava pronto para uso. Todas as condições obrigatórias foram consideradas a as restrições, atendidas.

A. Melhorias

Entende-se que o projeto desenvolvido poderá ser melhorado ao trabalhar as situações que possam tornar o mesmo mais completo e com maior potencial de uso, destacam-se:

- 1) Identificar outras patologias ou intervenções relacionadas a respiração e que podem usar o SB;
- 2) Automatizar e digitalizar o questionário SEU-Q;
- 3) Sistematizar observações com UFAs;
- 4) Expandir o jogo para idosos;
- 5) Buscar o motivo dos JS para RR existentes não terem sido difundidos na área. Uma vez que o pouco conhecimento em JD para RR por parte dos UFEs sugere que JD para RR não são bem distribuídos ou divulgados.

B. Desdobramentos

As situações de desdobramentos requerem um estudo mais aprofundado para implementar alterações ao SB, destaca-se:

- 1) Melhorar o PITACO e comparar com os dispositivos estabelecidos na área da saúde: Conforme descrito neste projeto, deve-se avaliar a precisão do PITACO e compará-lo com outros dispositivos medidores de fluxo.

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 Instituto Tecnológico de Joinville (FITEJ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro parcial a este projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] P. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, "Serious Games for Rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy," pp. 1–6, 2010.
- [2] 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.
- [3] S. Blackman, "Serious games... and less!" *ACM Siggraph Computer Graphics*, vol. 39, no. 1, pp. 12–16, 2005.
- [4] M. Zyda, "From visual simulation to virtual reality to games," *Computer*, vol. 38, no. 9, pp. 25–32, 2005.
- [5] P. F. S. Chacon, C. F. Schon, V. Furtado, G. Signoretti, J. Oliveira, A. G. Ribeiro, C. D. V. Wanderley, A. A. Diniz, and H. B. Soares, "Support and rehabilitation of patients with pulmonary expansion deficit by using game therapy," *Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 5632–5635, 2016.
- [6] 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," pp. 1–8, 2006.
- [7] R. Pedersen, *Game Design Foundations*. Wordware Publishing, Inc., 2003.
- [8] J. Novak, *Game Development Essentials: an introduction*. Cengage Learning, 2012.
- [9] R. Motta and J. T. Junior, "Short Game Design Document (SGDD). Documento de Game Design aplicado a jogos de pequeno porte e advergames, um estudo de caso do advergame Rockergirl Bikeway," *XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 115–123, 2013.
- [10] 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.
- [11] J. Schell, *The Art of Game Design: a book of lenses*. CRC Press, 2014.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] M. F. de Carvalho, "Move4Math: Jogos Sérios para Alfabetização Matemática," Master's thesis, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2017.

- [15] 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.
- [16] C. Abras, D. Maloney-Krichmar, and J. Preece, “User-centered design,” *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, vol. 37, no. 4, pp. 445–456, 2004.
- [17] V. Wattanasoontorn, I. Boada, R. García, and M. Sbert, “Serious games for health,” *Entertainment Computing*, vol. 4, no. 4, pp. 231–247, 2013.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] M. Stafford, F. Lin, and W. Xu, “Flappy Breath: A Smartphone-Based Breath Exergame,” *Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies*, pp. 332–333, 2016.
- [22] 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.
- [23] F. of International Respiratory Societies, *The Global Impact of Respiratory Disease*, 2nd ed. Sheffield, 2017.
- [24] M. da S Brasil, “Perfil da morbimortalidade por doenças respiratórias crônicas no Brasil, 2003 a 2013,” *Boletim Epidemiológico*, vol. 47, no. 19, pp. 1–9, 2016.
- [25] S. Goldfeld and J. Polissuk, *Pequeno Dicionário de Termos Médicos*. Atheneu, 2000.
- [26] I. de Godoy and M. M. Knorst, “Reabilitação do pneumopata crônico,” *Pneumologia: No consultório*, pp. 657–674, 2009.
- [27] 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, no. 1, pp. 129–143, 2012.
- [28] M. M. L. Subtil, D. C. Goes, T. C. Gomes, and M. L. d. Souza, “O relacionamento interpessoal e a adesão na fisioterapia,” *Fisioterapia em Movimento*, vol. 24, no. 4, pp. 745–53, 2011.
- [29] J. D. Enderle and J. Bronzino, *Introduction to biomedical engineering*. Academic press, 2012.
- [30] S. Barbosa and B. Silva, *Interação humano-computador*. Elsevier Brasil, 2010.
- [31] M. Muller, J. H. Haslwanter, and T. Dayton, “Participatory practices in the software lifecycle,” *Handbook of human-computer interaction*, vol. 2, pp. 255–297, 1997.
- [32] 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.
- [33] N. Institutes of Health, *Guideline for the Diagnosis and Management of asthma*, 1997, vol. 97.
- [34] C. A. de C Pereira, “Espirometria,” *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 28, no. Suppl 3, pp. S1–S82, 2002.
- [35] M. da G. R. Machado, “Reabilitação pulmonar,” *Bases da Fisioterapia Respiratória*, pp. 458–467, 2008.
- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] 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.
- [39] E. H. Farias, H. C. de Oliveira, M. da Silva Hounsell, and G. M. Rossito, “MOLDE - A Methodology for Serious Games Measure-Oriented Level DDesign,” *XIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 29–38, 2014.
- [40] R. B. Schroeder and M. da Silva Hounsell, “SEU-Q - Um Instrumento de Avaliação de Utilidade de Jogos Sérios Ativos,” *I Simpósio Latino-Americano de Jogos*, pp. 136–145, 2015.
- [41] R. S. da Silva and R. Triska, “Discutindo uma Terminologia para os Videogames: da jogabilidade ao gameplay,” *Congresso Sul Americano de Design de Iteração*, pp. 1–7, 2012.
- [42] 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.
- [43] S. Suter and R. Skalak, “The history of poiseuille’s law,” *Annual Review of Fluid Mechanics*, vol. 25, no. 1, pp. 1–20, 1993.
- [44] A. Fleisch, “Der pneumotachograph; ein apparat zur geschwindigkeitsregistrierung der atemluft,” *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, vol. 209, no. 1, pp. 713–722, 1925.