

Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação

**Estudo sobre abordagens de uso de biofeedback para  
jogos em realidade virtual**

Gabriel Mota Araújo

Monografia apresentada como requisito parcial  
para conclusão do Curso de Engenharia da Computação

Orientadora  
Prof.a Dr.a Carla Denise Castanho

Brasília  
2019



# Dedicatória

Dedico este trabalho a todos os meus amigos e família, distantes ou não, que me animaram e me ajudaram a atravessar esta fase difícil da minha vida; a todos da Mad Pixel, por entenderem as dificuldades pelas quais passei e por terem se tornado minha segunda família; e ao energético, que me manteve acordado nas noites mais difíceis e me deu energia para superá-las.

# Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora Carla Castanho, por estar sempre disponível para me auxiliar neste processo árduo de fazer um trabalho de conclusão; ao professor Tiago Barros e ao professor Maurício Sarmet, por acompanharem este trabalho durante toda sua duração e auxiliarem nas tomadas de decisão; e a muitos dos professores com os quais tive aula durante a graduação, pois sem eles não teria o conhecimento necessário para dar prosseguimento a este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), por meio do Acesso ao Portal de Periódicos.

# Resumo

A área de jogos de *biofeedback* vem ganhando relevância com o passar dos anos, por obter resultados relevantes no seu emprego em terapias e tratamentos de doenças como autismo, fobias, dentre outras. Atualmente existem três tipos de abordagens para a criação de um jogo de *biofeedback*: (1) alterar a mecânica do jogo com *biofeedback*, (2) alterar o ambiente do jogo com *biofeedback*, e (3) recompensar o jogador por manter um estado específico. O objetivo deste trabalho é implementar e avaliar estas três abordagens de forma qualitativa em um jogo de realidade virtual com *biofeedback*. Foram conduzidos experimentos práticos com voluntários que jogaram um jogo desenvolvido com a implementação destas abordagens. Concluiu-se que a abordagem de mecânica foi a que mais afetou os jogadores, e demonstrou um potencial mediano para controle emocional do jogador. A abordagem de ambiente foi a que menos afetou os jogadores, mas demonstrou o maior potencial para controle emocional. A abordagem de recompensa afetou os jogadores de forma mediana e foi a pior abordagem para controle emocional.

**Palavras-chave:** games, realidade virtual, *biofeedback*, game analytics, computação afetiva

# Abstract

The area of biofeedback games has been gaining relevance over the years, because it is obtaining significant results with its use in therapies and treatments of diseases such as autism, phobias, among others. There are currently three types of approaches to creating a biofeedback game: (1) changing the mechanics of the game with biofeedback, (2) changing the game environment with biofeedback, and (3) reward the player for maintaining a specific state. The objective of this work is to implement and evaluate these three approaches in a qualitative way in a virtual reality game with biofeedback. Practical experiments were conducted with volunteers who used a game that was developed to implement these approaches. It was concluded that the mechanics approach was the one that most affected the players, and demonstrated a median potential for emotional control of the player. The environment approach was the one that affected the players least, but demonstrated the greatest potential for emotional control. The reward approach affected players medically and was the worst approach to emotional control.

**Keywords:** games, virtual reality, biofeedback, *game analytics*, affective computing

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Definição do problema . . . . .	1
1.2	Objetivo . . . . .	2
1.3	Solução proposta . . . . .	2
1.4	Organização do documento . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Fundamentação teórica</b>	<b>4</b>
2.1	Computação afetiva . . . . .	4
2.1.1	Dados afetivos . . . . .	4
2.1.2	Detecção de emoções . . . . .	5
2.2	Jogos de <i>biofeedback</i> . . . . .	6
2.2.1	<i>Game Analytics</i> . . . . .	7
2.2.2	Abordagens para jogos de <i>biofeedback</i> . . . . .	7
2.3	Realidade virtual . . . . .	9
2.4	Jogos de <i>biofeedback</i> com realidade virtual . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Desenvolvimento do trabalho</b>	<b>11</b>
3.1	Visão Geral da Proposta . . . . .	11
3.2	Jogo . . . . .	12
3.2.1	Pesquisa sobre o jogo a ser utilizado . . . . .	12
3.2.2	O Jogo <i>Keep Talking and Nobody Explodes</i> . . . . .	12
3.2.3	Estudo exploratório . . . . .	14
3.2.4	Tecnologias utilizadas . . . . .	14
3.2.5	<i>Framework</i> utilizado . . . . .	15
3.2.6	Desenvolvimento do jogo . . . . .	16
3.2.7	Criação do manual . . . . .	19
3.3	Coleta dos dados . . . . .	20
3.3.1	Sensor . . . . .	20
3.3.2	Aplicativo iOS . . . . .	20

3.3.3	Web Service e banco de dados . . . . .	21
3.3.4	Pacote JSON . . . . .	22
3.3.5	Integração com o Unity . . . . .	22
3.4	Detecção de emoções . . . . .	22
3.4.1	Modelo PAD . . . . .	22
3.4.2	Detecção de excitação . . . . .	23
3.4.3	Integração ao jogo . . . . .	23
3.5	Preparação do Experimento . . . . .	23
3.5.1	Confecção do questionário . . . . .	23
3.5.2	Delineamento do jogo . . . . .	24
3.5.3	Roteiro do experimento . . . . .	24
3.5.4	Dados coletados no jogo . . . . .	25
<b>4</b>	<b>Testes e Análise dos resultados</b>	<b>26</b>
4.1	Teste Piloto . . . . .	26
4.2	Realização do Experimento Final . . . . .	27
4.3	Análise dos Resultados . . . . .	30
4.3.1	Análise demográfica . . . . .	30
4.3.2	Análises para hipóteses do estudo exploratório . . . . .	32
4.3.3	Análise do EDA . . . . .	34
4.4	Comparativo entre as três abordagens . . . . .	37
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>40</b>
5.1	Primeira abordagem . . . . .	40
5.2	Segunda abordagem . . . . .	41
5.3	Terceira abordagem . . . . .	41
5.4	Trabalhos futuros . . . . .	42
	<b>Referências</b>	<b>43</b>
	<b>Apêndice</b>	<b>46</b>
	<b>A Manual do jogo Bomb Defuser</b>	<b>47</b>
	<b>B Roteiro do experimento e delineamento do jogo</b>	<b>52</b>
	<b>C Questionário do experimento para o desarmador(jogador com o óculos de RV)</b>	<b>56</b>
	<b>D Questionário do experimento para o especialista(jogador com o manual)</b>	<b>61</b>



Anexo	65
I Classes estáticas para armazenamento dos dados de sessão de jogo	65

# Lista de Figuras

2.1	Gráfico das emoções nos eixos prazer x excitação. Imagem adaptada de [1]	6
2.2	Óculos de realidade virtual HTC Vive, que foram utilizados neste trabalho. Fonte: <a href="https://www.pocket-lint.com/ar-vr/reviews/htc/136126-htc-vive-review-an-experience-that-s-out-of-this-world">https://www.pocket-lint.com/ar-vr/reviews/htc/136126-htc-vive-review-an-experience-that-s-out-of-this-world</a> . Acessado em 16/06/2019.	10
3.1	Imagem do jogo Keep Talking and Nobody Explodes. Fonte: <a href="https://www.engadget.com/2018/talking-and-nobody-explodes-flatscreen-console">https://www.engadget.com/2018/talking-and-nobody-explodes-flatscreen-console</a> . Acessado em 23/07/2019.	13
3.2	Grafo baseado no framework de [2] para o jogo proposto. As letras dentro dos vértices se referem ao tipos de vértice, que foram listados acima. . . . .	16
3.3	Captura de tela do jogo <i>Bomb Defuser</i> . . . . .	17
3.4	Imagem do módulo de fios finalizado do <i>Bomb Defuser</i> . . . . .	17
3.5	Imagem do módulo de símbolos finalizado do <i>Bomb Defuser</i> . . . . .	18
3.6	Sensor Empatica E4. Fonte: <a href="https://www.empatica.com/get-started-e4">https://www.empatica.com/get-started-e4</a> . Acessado em 23/06/2019. . . . .	21
4.1	Imagem capturada durante o experimento de um participante jogando como desarmador. . . . .	28
4.2	Imagem do especialista falando ao microfone. . . . .	29
4.3	Imagem do especialista lendo o manual. . . . .	29
4.4	Gráfico de número de vitórias por quantidade de duplas . . . . .	30
4.5	Gráfico de número de vitórias por nível de casualidade em jogos cooperativos (1 - casual, 5 - competitivo) . . . . .	31
4.6	Gráfico de número de vitórias por nível de familiaridade em jogos cooperativos (1 - pouco familiarizado, 5 - muito familiarizado) . . . . .	31
4.7	Gráfico de número de vitórias por ordem do experimento . . . . .	32
4.8	Gráfico da média de EDA de todas as coletas . . . . .	33
4.9	Gráfico das respostas da pergunta sobre ser afetado emocionalmente pelo outro jogador (1 - não influenciou, 5 - influenciou muito) . . . . .	33
4.10	Gráfico de valor de EDA por tempo, sem EWMA. . . . .	35

4.11	Gráfico de valor de EDA por tempo, com EWMA. . . . .	35
4.12	Gráfico da média de EDA de todas as coletas no período de duração dos alarmes . . . . .	36
4.13	Gráfico da média de EDA do período de tempo de todos os alarmes com a primeira abordagem . . . . .	37
4.14	Gráfico da média de EDA do período de tempo de todos os alarmes com a segunda abordagem . . . . .	37
4.15	Gráfico da média de EDA do período de tempo de todos os alarmes com a terceira abordagem . . . . .	38
4.16	Gráfico da pergunta sobre influência da primeira abordagem. (1 - não afetou, 5 - afetou muito) . . . . .	38
4.17	Gráfico da pergunta sobre influência da segunda abordagem. (1 - não afetou, 5 - afetou muito) . . . . .	39
4.18	Gráfico da pergunta sobre influência da terceira abordagem. (1 - não afetou, 5 - afetou muito) . . . . .	39

# Lista de Abreviaturas e Siglas

**API** *Application Programming Interface.*

**BVP** *Blood Volume Pulse.*

**EDA** *Electrodermal Activity.*

**EWMA** *Exponentially Weighted Moving Average.*

**GAL** *General Arousal Level.*

**GSR** *Galvanic Skin Response.*

**HMD** *Head-mounted Display.*

**IBI** *Interbeat Interval.*

**JSON** *JavaScript Object Notation.*

**LAICO** *Laboratório de Sistemas Integrados e Concorrentes.*

**PAD** *Pleasure, Arousal and Dominance.*

**PHP** *Personal Home Page(linguagem de programação).*

**RV** *Realidade Virtual.*

**SCL** *Skin Conductivity Level.*

**SQL** *Standardized Query Language.*

**TDAH** *Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade.*

# Capítulo 1

## Introdução

Jogos de *biofeedback* são jogos que utilizam os dados afetivos do jogador coletados a partir de sensores durante uma sessão de jogo. Estes jogos vêm ganhando relevância por sua capacidade de auxiliar em alguns tratamentos, como terapia emocional [3], terapia de relaxamento [4] [5], tratamento de fobias [6], e até mesmo terapia para pacientes com autismo [1].

Concorrentemente, outra área que vem ganhando muita relevância nos últimos anos é a realidade virtual (RV). Apesar de existir desde os anos 90, esta tecnologia ganhou um destaque maior no último século, por conta dos avanços tecnológicos e popularização dos óculos de RV. Apesar de sua popularização ser recente, esta tecnologia já demonstrou resultados significativos em alguns estudos [7]. Um fator que influencia no êxito do emprego de RV é a imersão que esta tecnologia proporciona ao jogador [8], fazendo com que o mesmo se sinta dentro do universo da aplicação proposta.

A combinação das duas áreas de estudo citadas acima culminou nos jogos de realidade virtual com *biofeedback*. Estes jogos conciliam o uso dos dados afetivos do jogador (coletados por meio de sensores de *biofeedback*) com a imersão gerada pela tecnologia de realidade virtual. Esta área de estudo é bastante recente, entretanto, já demonstrou bons prospectos. Por exemplo, Lobel *et al.* [9] estudaram o caso do jogo de *biofeedback* em RV Nevermind, e como este jogo treina o jogador a se manter calmo em situações estressantes.

Geralmente, os jogos de biofeedback têm como objetivo fazer o jogador manter ou atingir um estado emocional específico [10]. Buscando eficiência neste objetivo, Flowers *et al.* [11] propôs três abordagens para o desenvolvimento de jogos de *biofeedback*.

### 1.1 Definição do problema

Este trabalho se concentra no estudo e avaliação das abordagens propostas por Flowers *et al.* [11], a saber:

1. Utilizar o estado afetivo do jogador como mecânica do jogo: o objetivo é treinar o jogador a regular seu estado;
2. Modificar o ambiente virtual do jogo com base na mudança de estado afetivo do jogador: o objetivo é treinar o jogador a se manter calmo;
3. Dar recompensa ao jogador por atingir e/ou manter um estado específico: o objetivo é treinar o jogador a fazer escolhas corretas por meio de recompensa.

Atualmente, não existem estudos que avaliem de forma qualitativa estas abordagens em jogos com realidade virtual. A motivação principal desta investigação é contribuir para o processo de projeto e desenvolvimento de jogos com emprego de dados de *biofeedback*, subsidiando a escolha das abordagens mais adequadas ao propósito desejado para o jogo em questão.

Além disso, também foi uma motivação deste trabalho a produção de conhecimento sobre o potencial do uso de *biofeedback* no contexto do desenvolvimento de jogos.

## 1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho de graduação consiste em avaliar de forma qualitativa o controle de excitação das três abordagens propostas por Flowers *et al.* [11] por meio da criação de um jogo com *biofeedback* em realidade virtual que contemple essas abordagens.

## 1.3 Solução proposta

Cada abordagem será testada separadamente em um jogo com suporte a óculos de realidade virtual. Este jogo deveria conter elementos das três abordagens em estudo, que utilizariam os dados de *biofeedback* do jogador em tempo real.

Primeiramente, foi feito um levantamento por jogos já existentes que se enquadrem nas exigências deste trabalho. Caso esta pesquisa não encontrasse nenhum jogo adequado, um jogo seria desenvolvido especificamente para os fins da pesquisa.

Após esta etapa, foram conduzidos testes com usuários nos quais os participantes jogaram o jogo utilizando óculos de RV e os sensores de *biofeedback*. Cada teste individual continha os elementos de apenas uma das abordagens, nos quais foram coletados os dados de *biofeedback* do jogador em tempo real que foram utilizados para alterar o jogo em função daquela abordagem. Ao fim de cada sessão, foi aplicado um questionário ao jogador sobre a sua experiência durante o jogo, a fim de obter mais dados sobre a sessão de jogo.

Por fim, os resultados foram processados, analisados e foram obtidas métricas de qualidade para cada uma das abordagens. Com isso, foi possível avaliar quais as vantagens

e desvantagens de cada uma delas para a utilização em jogos de RV com *biofeedback* no jogo utilizado.

## **1.4 Organização do documento**

O restante deste trabalho será organizado da seguinte forma: No capítulo 2, será apresentada a fundamentação teórica necessária para a compreensão deste trabalho. No capítulo 3, será apresentado o desenvolvimento do trabalho, com a visão geral da proposta e todas as decisões de projeto. No capítulo 4, serão apresentados os testes aplicados no jogo e a análise dos resultados obtidos. por fim, no capítulo 5 serão apresentadas as conclusões do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Fundamentação teórica

Neste capítulo, serão apresentados os principais conceitos das áreas de estudo relacionadas à este trabalho. O entendimento a cerca destes assuntos auxiliará na compreensão da pesquisa proposta bem como das decisões tomadas nos próximos capítulos.

### 2.1 Computação afetiva

A computação afetiva é uma área de estudo que foca na coleta e utilização de dados afetivos humanos por meio de programas. Uma forma de utilização bastante comum dos dados afetivos é processá-los para obter a detecção das emoções do usuário[12].

#### 2.1.1 Dados afetivos

Dados afetivos são informações biológicas do usuário que podem ser utilizadas para inferir estados emocionais do usuário. Estas informações geralmente são coletadas por meio de sensores que são colocados no usuário do *software*. Existem vários tipos de dados afetivos que podem ser coletados para análises relevantes no campo da computação afetiva [13] [10], existindo inclusive a possibilidade de utilizar vários dados em conjunto para a obtenção de métricas mais confiáveis [11]. Seguem abaixo os tipos mais comuns de dados afetivos coletados:

##### **Atividade eletrodérmica (EDA)**

Também conhecido como nível de condutividade da pele (SCL) ou resposta galvânica da pele(GSR), este dado representa o nível da condutividade da pele do jogador[14]. Este dado é relevante pois esta condutividade varia de acordo com a atividade das glândulas sudoríparas da pele. O EDA geralmente é medido em microsiemens( $\mu\text{S}$ ). O EDA tem correlação com o estado de excitação do usuário.



## **Pulso de volume sanguíneo (BVP)**

Este dado coleta a variação do volume sanguíneo em uma artéria ou veia em função do tempo. Este dado pode mudar em função dos batimentos cardíacos do usuário, e por isso é utilizado para a obtenção do taxa de batimentos cardíacos do usuário.

## **Taxa de batimentos cardíacos (IBI)**

Este dado computa a taxa de batimentos cardíacos do usuário por meio do intervalo entre batimentos. Esta unidade é dada geralmente em batimentos por minuto. Este dado pode ser utilizado para detecção de excitação, porém só são detectadas variações grandes de subida de excitação, e não é uma métrica confiável para detectar a descida de excitação [15].

## **Reconhecimento facial**

Este dado é obtido com uma câmera que grava o usuário enquanto o mesmo faz a utilização de um programa. Em tempo real, é possível processar as imagens obtidas para obter o estado emocional de prazer do usuário [16].

### **2.1.2 Detecção de emoções**

Uma das principais utilizações dos dados de *biofeedback* é a detecção de emoções do usuário. Por meio de métricas obtidas com dados afetivos, é possível aferir o estado emocional de um usuário [17].

A área da psicologia produziu vários modelos para medição de emoções. Dentre eles, um dos modelos que são mais utilizados na área de computação afetiva é o modelo *Pleasure, Arousal and Dominance*, ou modelo PAD [18], que consiste em mapear as emoções humanas em três eixos: prazer, excitação e dominância. Em alguns estudos, o eixo de prazer é chamado de eixo de valência. Utilizando-se de métricas para cada um desses eixos, é possível indicar em qual estado emocional o usuário se encontra.

Em alguns dos casos de utilização de detecção de emoções, o eixo de dominância não é utilizado [19]. Isto ocorre pois o mesmo determina a percepção de controle que o usuário possui em um ambiente, o que não é o foco de todas as aplicações do modelo PAD. Um exemplo de mapeamento das emoções segundo o modelo PAD sem o eixo de dominância está disponível na Figura 2.1.

Com os dados afetivos do jogador, é possível aferir os valores dos eixos de excitação e prazer, sendo que alguns dados são mais confiáveis para alguns eixos do que para outros. O EDA, por exemplo, tem alto grau de correlação com o eixo de excitação [11]. Já o reconhecimento facial é uma medida mais confiável para o eixo de prazer [16].

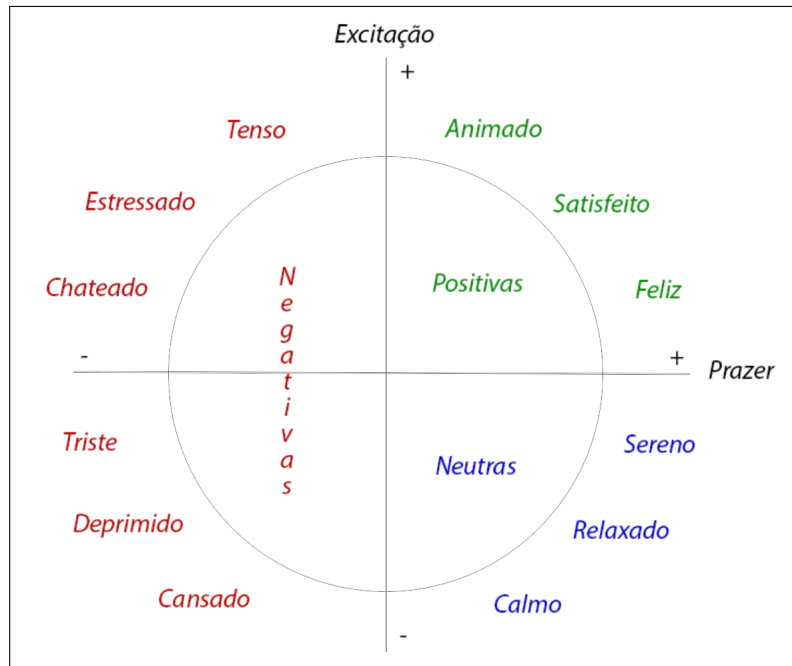


Figura 2.1: Gráfico das emoções nos eixos prazer x excitação. Imagem adaptada de [1]

## 2.2 Jogos de *biofeedback*

Com os avanços na área da computação afetiva, o conhecimento produzido começou a ser integrado em outras áreas de conhecimento. Uma das integrações com maior sucesso foi feita na área de jogos, surgindo então os jogos afetivos. Segundo Gilleade *et al.* [20], um jogo afetivo é um jogo onde o estado emocional do jogador é utilizado para manipular os elementos do jogo.

De forma correlata, os jogos de *biofeedback* utilizam os dados de *biofeedback* do jogador para alterar sua experiência dentro do jogo de acordo com o desejado pelo desenvolvedor do jogo. Esta alteração pode ser feita de várias formas, as quais serão detalhadas na Seção 2.2.2.

Estes tipos de jogos são bastante utilizados em pesquisas por sua capacidade de ensinar controle emocional ao jogador de uma forma indireta. Isto acontece pois o jogador tem somente o objetivo de vencer o jogo, mas para que ele consiga isso, é necessário que ele consiga controlar seu estado emocional para superar os obstáculos apresentados pelo jogo.

Alguns exemplos de trabalhos envolvendo *biofeedback* em jogos são o trabalho de Nacke *et al.* [10], que utiliza diversos sensores para alterar alguns elementos de um jogo plataforma 2D, incluindo um *power-up* (recompensa dentro do jogo) que é controlado pela direção do olhar do jogador. Já o trabalho de Leahy *et al.* [21] propõe um jogo deste tipo para promover relaxamento em pacientes com doenças relacionadas a estresse, mais especificamente a síndrome do intestino irritável.

Além da utilização em pesquisas, o *biofeedback* também é utilizado em alguns jogos comerciais, como é o caso do jogo Nevermind [9]. Neste jogo de terror, o jogador tem que navegar através do subconsciente de pacientes e explorar as memórias lá presentes. O *biofeedback* controla elementos específicos destas memórias, sendo que quando o jogador se encontra num estado de estresse, estes elementos impedem o jogador de prosseguir, e portanto o mesmo deve se acalmar para continuar o jogo.

### 2.2.1 *Game Analytics*

Segundo Drachen *et al.* [22], *Game Analytics* é a aplicação da ciência de análise à pesquisa e desenvolvimento de jogos. A área de *Game Analytics* utiliza dados de uma sessão de jogo para obter métricas relevantes sobre o jogador. A partir destas métricas, são geradas análises que podem ajudar o desenvolvedor a saber se o seu jogo está gerando de fato um comportamento esperado do jogador, e também quais medidas devem ser tomadas para consertar eventuais problemas detectados no game design [23].

As pesquisas em *Game Analytics* podem ser demonstradas com o trabalho de Bauckhage *et al.* [24], que propõe o uso da técnica de agrupamento (*clustering*) nos dados comportamentais dos jogadores a fim de encontrar padrões de comportamento.

Já o uso de *Game Analytics* para desenvolvimento de jogos comerciais é uma área que vem crescendo bastante nas empresas de jogos nos últimos anos. As análises obtidas podem ajudar a descobrir se o jogo está gerando um comportamento desejado de acordo com o objetivo do jogo. Por exemplo, com *Game Analytics* é possível averiguar se um jogo de terror está deixando os jogadores com medo ou não.

Além disso, *Game Analytics* é bastante utilizado em jogos *freemium*. Este tipo de jogo é gratuito inicialmente, porém exerce sua monetização por meio de microtransações dentro do jogo. As análises obtidas podem ajudar a prever padrões de compra de microtransações a partir de comportamentos do jogador dentro do jogo [25].

### 2.2.2 *Abordagens para jogos de biofeedback*

Uma abordagem para um jogo de *biofeedback* consiste em modificar elementos de *game design* a fim de modificar a forma de implementação do *biofeedback* no jogo. Esta mudança é feita de forma a estimular o jogador a cumprir um objetivo específico. No caso das abordagens que serão estudadas neste trabalho, os objetivos consistem em, de alguma maneira, treinar ou condicionar o jogador a manter um estado emocional desejado.

As abordagens a serem estudadas foram propostas por Flowers *et al.* [11], e serão explicadas abaixo.

#### 1. Utilizar o estado do jogador como mecânica do jogo

Esta abordagem consiste em incorporar o *biofeedback* em uma mecânica principal do jogo. Esta mecânica deve ser imprescindível para a vitória do jogador, de modo que o mesmo não possa ignorá-la ou achar outra forma de avançar no jogo. Desta forma, o jogador será forçado a interagir com esta mecânica, que deve ser controlada somente pelos dados afetivos do jogador.

O objetivo desta abordagem é treinar o jogador a regular o seu estado emocional. Isto é feito por meio da adaptação dos desafios do jogo, de tal forma que o jogador precise modificar o seu estado emocional para progredir ou vencer este desafio.

Um jogo que utiliza esta abordagem é *The Journey to Wild Divine* [26], onde o jogador precisa controlar sua respiração para progredir pelo jogo. Para tal, o jogo ensina técnicas de respiração ao jogador. A coleta dos dados afetivos é feita por meio da taxa de batimentos cardíacos. Este jogo foi utilizado por Amon e Campbell [27] para ensinar técnicas de relaxamento para crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDAH).

## **2. Modificar o ambiente virtual do jogo com base na mudança de estado do jogador**

Esta abordagem foca em utilizar o *biofeedback* para fazer mudanças no ambiente de jogo. Estas mudanças variam de acordo com o ambiente escolhido para o jogo, mas em geral buscam simular situações que podem acontecer na situação em que o jogo se situa.

O objetivo desta abordagem é treinar o jogador a manter um estado emocional calmo diante de situações que podem ser estressantes para o jogador. O *biofeedback* atua de forma que se o jogador estiver em um estado emocional de excitação, o ambiente se torna um fator de interferência negativa no jogo, atrapalhando o jogador. Conforme o jogador se acalma, esta interferência desaparece e o jogador pode continuar o fluxo do jogo.

Esta abordagem foi utilizada por Chittaro e Sioni [4] em jogos que simulavam ambientes de sala de aula e situações de emergência. O estudo tem o objetivo de utilizar estes jogos para treinamento de relaxamento de jogadores nas situações simuladas.

## **3. Dar recompensa ao jogador por atingir e/ou manter um estado específico**

Esta abordagem utiliza os dados de *biofeedback* para dar recompensas no jogo de acordo com o estado emocional obtido pelo jogador. Esta recompensa deve ser algo que não afete diretamente a condição de vitória do jogo, mas que dê uma vantagem ao jogador que conseguiu atingir a meta para obter a recompensa em comparação ao jogador que não conseguiu.

O objetivo dessa abordagem é treinar o jogador a fazer escolhas corretas por meio da recompensa obtida por manter um comportamento desejado. O *biofeedback* é implementado como um valor que deve chegar até uma meta. Se esta meta for atingida, o jogador recebe a recompensa.

Um grupo de jogos que utiliza bastante esta abordagem são os *exergames*, que são jogos que também são uma forma de exercício físico para o jogador. Ketcheson *et al.* [28] utilizou esta abordagem em três *exergames*, nos quais o jogador podia pedalar em um pedal até obter uma recompensa, a qual era um *power-up* daquele jogo.

## 2.3 Realidade virtual

A realidade virtual é uma tecnologia recente que consiste em fazer uma imersão do usuário em ambientes, experiências ou jogos virtuais de forma que estes pareçam reais para o usuário. Segundo Burdea [29], a realidade virtual é uma simulação criada com gráficos computadorizados para criar um mundo que parece real. Um elemento que ajuda bastante nesta simulação é a possibilidade de interação com este mundo virtual, onde o jogador pode utilizar alguma forma de *input* para modificar o mundo virtual prontamente.

Durante o passar dos anos, foram propostas várias implementações de *hardware* para tentar simular um ambiente de realidade virtual [29]. Algumas destas implementações são: luvas com sensores nos dedos, telas com montagem na cabeça (HMD), entre outras. Como também é necessário simular um mundo virtual responsivo, são necessários computadores com alto poder de processamento gráfico em conjunto com estas implementações.

Atualmente, a implementação com maior custo-benefício desta tecnologia são os óculos de realidade virtual. Estes óculos possuem um isolamento externo, de modo que pouca ou nenhuma luz exterior consiga entrar. A imagem é separada para as duas lentes do óculos. Desta forma, a imagem parece mais fidedigna aos olhos humanos. Para que a aplicação saiba para onde o usuário está olhando, o óculos possui um acelerômetro integrado.

Alguns exemplos de óculos de realidade virtual que são vendidos na atualidade são o *Oculus Rift* e *HTC Vive*. Existem também grupos de modelos desses óculos, que utilizam a mesma tecnologia mas são fabricados por empresas diferentes. Exemplos destes grupos são o *Windows Mixed Reality* e o *Google Cardboard*. O modelo de óculos de realidade virtual escolhido para este experimento foi o *HTC Vive*, cuja imagem está disponível na Figura 2.2 .

Um exemplo de trabalho na área de realidade virtual é o trabalho de Amores *et al.* [7], que utiliza a um ambiente de realidade virtual em conjunto com um colar olfativo para estimular a diminuição de estresse e ansiedade do usuário.



Figura 2.2: Óculos de realidade virtual HTC Vive, que foram utilizados neste trabalho. Fonte: <https://www.pocket-lint.com/ar-vr/reviews/htc/136126-htc-vive-review-an-experience-that-s-out-of-this-world> . Acessado em 16/06/2019.

## 2.4 Jogos de *biofeedback* com realidade virtual

Combinando a imersão da realidade virtual com o uso dos dados afetivos, temos por fim os jogos de *biofeedback* com realidade virtual. Estes jogos têm uma utilização grande para fins médicos (tratamento de fobias, autismo, controle emocional) como mencionado no Capítulo 1, porém também são usados para fins lúdicos.

Alguns exemplos de pesquisas que utilizam jogos de *biofeedback* com RV são a pesquisa de Flowers *et al.* [11], que utiliza este tipo de jogo para testar a auto-regulação do jogador para com o seu estado emocional e a pesquisa de Van Rooij *et al.* [30], que criou um jogo deste tipo para auxiliar crianças com ansiedade.

No caso de jogos para fins lúdicos, um exemplo é o jogo Nevermind [9] já citado anteriormente, pois o mesmo possui uma versão para RV com as adaptações necessárias. A vantagem da inserção de RV neste jogo é o aumento da imersão do jogador, como dito anteriormente.

# Capítulo 3

## Desenvolvimento do trabalho

Este capítulo versará sobre o processo de desenvolvimento deste trabalho, dando uma visão geral da proposta, passando por todas as etapas do desenvolvimento e delineamento do jogo e da pesquisa, além de justificar as decisões tomadas neste contexto.

### 3.1 Visão Geral da Proposta

A proposta deste trabalho consiste em utilizar um jogo para testar as três abordagens de Flowers *et al.* [11] de forma qualitativa. Para tal, o jogo utilizado devia ser compatível com as três abordagens. Por isso, foi conduzida uma pesquisa para descobrir um jogo que pudesse ser utilizado. Se não fosse encontrado nenhum jogo que servisse aos propósitos da investigação, deveria ser desenvolvido um jogo com as especificações necessárias para o experimento.

A etapa seguinte, envolve adaptar o jogo eleito ou desenvolvido às três abordagens de *biofeedback* em questão. Para isso foi utilizado um *framework* para potencializar os efeitos do *biofeedback*.

Com o jogo pronto e adaptado foram conduzidos os experimentos que envolvem testes com usuários utilizando o jogo. Foi realizada a coleta dos dados afetivos do jogador por meio de sensores, os quais foram utilizados pelo jogo para que este os utilizasse de acordo com as abordagens empregadas. Para os experimentos, também foi criado um questionário a ser aplicado para os jogadores depois da realização dos testes.

Além disso, foi feito o delineamento do jogo para os testes e o roteiro do experimento, a fim de unificar os testes para todos os participantes de forma que todos eles sofram as mesmas influências durante o experimento.

A etapa final deste trabalho envolveu a análise dos dados coletados durante a etapa do experimento.

## 3.2 Jogo

Esta seção trata sobre o processo conduzido para obter um jogo adequado para utilização na investigação deste trabalho.

### 3.2.1 Pesquisa sobre o jogo a ser utilizado

Primeiramente, foi observado o problema em que a maioria dos jogos de *biofeedback* utilizam somente uma das abordagens em seu desenvolvimento. Então, para que a pesquisa pudesse ser feita, foram consideradas duas opções: utilizar três jogos, cada um com uma abordagem diferente; ou utilizar um jogo que, de alguma forma, contivesse as três abordagens do estudo.

A primeira opção foi descartada, pois se não fossem encontrados três jogos com abordagens diferentes prontos e disponíveis para uso na pesquisa, estes jogos teriam que ser criados e desenvolvidos, o que seria inviável para o tempo disponível. Por isso, optou-se por utilizar um jogo que possuísse as três abordagens.

Com isso, foi feito um levantamento para descobrir se já existia algum jogo que já possuísse as três abordagens a serem estudadas. Ao final, nenhum jogo com as especificações requeridas foi encontrado. Portanto, a última opção restante foi desenvolver um jogo com as três abordagens propostas por Flowers *et al.* [11].

Como dito anteriormente, a maioria dos jogos de *biofeedback* não possui elementos de mais de uma abordagem. Isto acontece pois modificar a abordagem durante o jogo geralmente gera uma mudança grande no *gameplay*, e portanto no jogo em si. Então, o jogo a ser produzido deveria encontrar uma forma de integrar as três abordagens ao seu conteúdo de forma sutil e que fizesse sentido no contexto do jogo.

### 3.2.2 O Jogo *Keep Talking and Nobody Explodes*

Um jogo base que foi encontrado e que se enquadraria bem nesta proposta é o jogo *Keep Talking and Nobody Explodes*, da empresa Steel Crate Games. Este jogo é feito para dois jogadores e consiste em desafiar os jogadores a desarmarem um bomba com vários módulos em um tempo limitado. Neste jogo, seria possível colocar uma abordagem diferente em cada módulo, e assim testar as três abordagens em conjunto com o mesmo jogador.

O primeiro jogador atua como o desarmador da bomba. Este jogador pode ver e interagir com ela, e sua tarefa é desarmar cada um dos módulos da bomba por meio de ações diversas como cortar fios, apertar botões, entre outras. Porém, este jogador não possui nenhuma informação de como desarmar os módulos da bomba, ou do funcionamento dos mesmos.





Figura 3.1: Imagem do jogo Keep Talking and Nobody Explodes. Fonte: <https://www.engadget.com/2018/08/10/keep-talking-and-nobody-explodes-flatscreen-console> . Acessado em 23/07/2019.

Já o segundo jogador tem em sua posse um manual, que contém todas estas informações que são necessárias para desarmar cada módulo possível da bomba [31]. Em contrapartida, este jogador não pode enxergar a bomba. Portanto, este jogo se baseia na comunicação entre os dois jogadores para que a dupla consiga vencer o desafio.

Um módulo da bomba é um pequeno desafio, que varia conforme as fases do jogo. Entre alguns exemplos de módulos, temos o módulo de fios, onde o jogador precisa cortar apenas o fio certo entre vários fios; o módulo de símbolos, onde o jogador deve apertar 4 símbolos na ordem correta, entre tantos outros módulos que o jogo possui. Para que a bomba possa ser desarmada, todos os módulos precisam ser resolvidos dentro do tempo estabelecido.

O jogo possui um *timer* decrescente, cujo tempo inicial varia de acordo com a dificuldade da fase. Se este *timer* chegar a 0, a bomba explode. Outro fator que leva à explosão da bomba é se o jogador que está desarmando a bomba cometer três erros, sendo que com cada erro o *timer* começa a decrescer de forma mais rápida.

Apesar deste jogo possuir uma versão para RV, não seria possível fazer as modificações necessárias no mesmo, visto que este jogo não possui código aberto e é comercializado, ou seja, pertence a uma empresa.

Portanto, decidiu-se que o jogo a ser implementado nesta pesquisa seria um jogo baseado em *Keep Talking and Nobody Explodes*, com suporte a RV e a sensores de *biofeedback* e com a implementação das três abordagens propostas por Flowers *et al.* [11] para cada módulo da bomba. Este jogo foi feito apenas para os fins deste experimento, e não foi e nem será comercializado de nenhuma forma.

### 3.2.3 Estudo exploratório

Antes que o jogo começasse a ser desenvolvido, julgou-se importante fazer um estudo exploratório com o jogo base *Keep Talking and Nobody Explodes*, para identificar possíveis problemas do jogo que pudessem ser consertados ou padrões que pudessem ser estudados na pesquisa.

O estudo exploratório foi conduzido com 4 pessoas (2 duplas), onde todas as pessoas fizeram os papéis dos dois jogadores. Neste estudo, não foi dada nenhuma informação adicional ou ajuda aos jogadores; pediu-se apenas que os participantes jogassem o jogo de acordo com o manual que o acompanha.

Durante o estudo, foram feitas várias observações sobre o modo como os participantes interagiram, e de que forma isso parecia influenciar no desempenho dos mesmos no jogo. Segue uma lista destas observações a seguir:

- Quanto menos tempo os jogadores tinham, mais agitados eles ficavam;
- Quanto mais erros os jogadores cometiam, mais agitados eles ficavam;
- No momento que o alarme disparava, o jogador que estava desarmando a bomba tendia a parar o que estava fazendo para desligar o alarme;
- Quanto mais vezes os jogadores já haviam jogado o jogo (não importando em qual das funções tivessem feito anteriormente), mais fácil o jogo se tornava para eles;
- Se o módulo que os jogadores estavam resolvendo fosse completamente novo, a dificuldade se tornava significativamente mais alta. O contrário também era percebido, ou seja, a partir da primeira repetição de um módulo, os jogadores já o resolviam de forma mais rápida e direta;
- Um jogador era influenciado pelo estado emocional do outro jogador.

Estas observações foram levadas em consideração no desenvolvimento do jogo que foi utilizado nesta pesquisa, e também especialmente na confecção do questionário aplicado durante os testes, para que estas hipóteses pudessem ser confirmadas ou refutadas posteriormente nas análises, que serão apresentadas no Capítulo 4.

### 3.2.4 Tecnologias utilizadas

Para o desenvolvimento do jogo foram utilizadas diversas tecnologias em todas as áreas. Para a programação, foi utilizada a *game engine* Unity, por meio da linguagem de programação C#. Para que o jogo funcionasse para o HTC Vive (óculos de RV que foi utilizado neste trabalho), foi necessário adicionar a biblioteca SteamVR do Unity. Desta forma, fica

mais simples converter uma cena 3D comum do Unity para funcionar em realidade virtual, pois esta biblioteca já disponibiliza os controles e óculos como objetos com métodos e eventos já programados dentro do editor do Unity.

Para a arte do jogo, foi utilizado o programa Blender para a modelagem dos objetos, e o programa Substance Painter para a texturização. Alguns dos objetos foram obtidos por meio de *download* da Internet, e todos eles possuem licença para utilização no jogo.

Para a música e sons do jogo, foi utilizado o programa Logic Pro X para produção e mixagem. Para implementação dos áudios no jogo, foi utilizado o programa FMOD e sua biblioteca para Unity, que permite que o som seja implementado de forma tridimensional dentro do jogo, aumentando assim a imersão do jogador no ambiente em que se encontra.

### 3.2.5 *Framework* utilizado

O jogo foi projetado de acordo com o *framework* para jogos de *biofeedback* proposto por Li *et al.* [2]. Este *framework* estrutura um jogo de *biofeedback* por meio de grafos, e utiliza os conhecimentos da área de teoria de grafos para desenvolver jogos de *biofeedback* mais efetivos.

O jogo é dividido em três sub-grafos, que indicam as ações do jogo para cada grupo de estados emocionais do jogador. Estes três grupos são: emoções positivas, emoções neutras e emoções negativas. Algumas emoções e os grupos nas quais se encaixam estão demonstradas na Figura 2.1.

Estes grafos podem possuir três tipos de vértices:

- **Início (I):** este vértice serve como o ponto de partida do jogo. Nele, é testado o estado emocional do jogador para determinar em qual sub-grafo o jogador deve ser colocado ao início do jogo.
- **Aprimoramento (A):** este vértice tem o intuito de intensificar o estado emocional em que o jogador se encontra no momento.
- **Teste (T):** este vértice testa o estado emocional do jogador. Caso o estado emocional seja de um grupo diferente do sub-grafo em que o jogador se encontra, o jogador é transferido para o sub-grafo adequado.

O grafo do jogo proposto está representado na Figura 3.2. As áreas circuladas representam os sub-grafos dos grupos de emoções. A cor vermelha representa o grupo de emoções negativas, a cor azul representa as emoções neutras e a cor verde representa as emoções positivas. As setas coloridas representam as transições entre os sub-grafos, e sua cor representa para qual grupo a transição está ocorrendo.

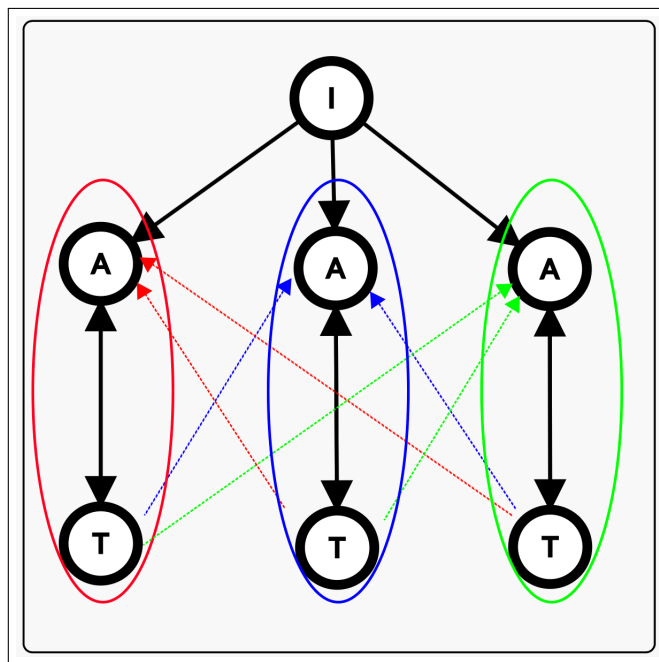


Figura 3.2: Grafo baseado no framework de [2] para o jogo proposto. As letras dentro dos vértices se referem ao tipos de vértice, que foram listados acima.

Basicamente, os três sub-grafos têm a mesma estrutura: um vértice para aprimoramento do estado atual e um vértice para teste do estado emocional. Quando o jogo verifica que o jogador trocou de estado emocional, a transição para o sub-grafo adequado desta emoção é efetuada.

### 3.2.6 Desenvolvimento do jogo

Com o estudo exploratório feito, foi possível começar o desenvolvimento do jogo, que recebeu o nome de *Bomb Defuser*. Este jogo, assim como o original, foi feito para dois jogadores, para que a essência do jogo permanecesse a mesma. Porém, no *Bomb Defuser*, cada jogador ganha sua nomenclatura específica: o jogador que joga com os óculos de RV e desarma a bomba é chamado de **desarmador**, e o jogador que possui o manual é chamado de **especialista**.

Para simplificar a confecção dos objetos, o jogo ganhou uma temática: o espaço sideral. A sala onde o desarmador e a bomba estão é uma sala de vidro, e fica localizada na superfície da Lua. Ao fundo, é possível ver o planeta Terra, onde supostamente está o especialista. A ideia é que se o jogador falhar em desarmar a bomba, o planeta Terra e a bomba explodirão, matando os dois jogadores e toda a humanidade. Uma imagem do jogo mostrando todos estes aspectos está disponível na Figura 3.3.

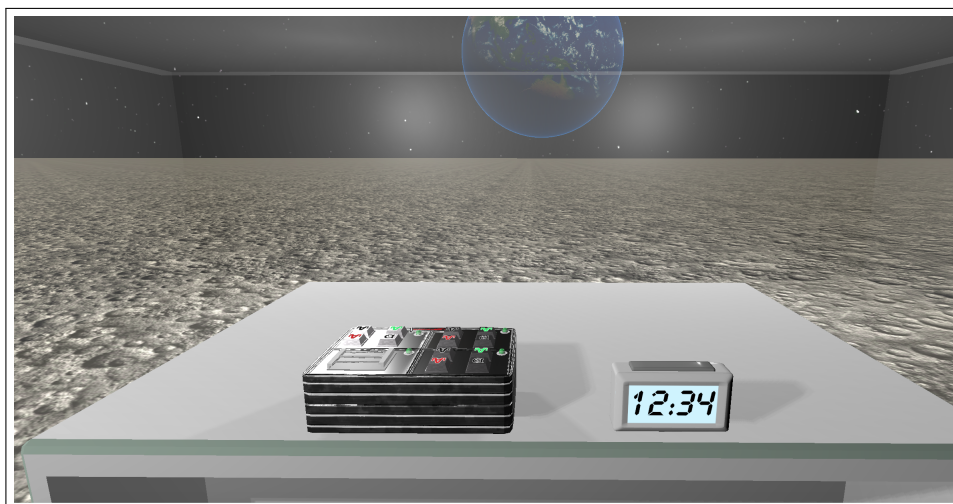


Figura 3.3: Captura de tela do jogo *Bomb Defuser*.

Os primeiros passos para o início do desenvolvimento foram implementar a física dos objetos do jogo, ou seja, segurar e arremessar os objetos com o controle, interação com botões e fios.

Em seguida, foram implementados os dois módulos que vieram a ser usados no experimento:

- Módulo de Fios: este módulo possui de 3 a 6 fios que podem ter cinco cores diferentes. Para sua resolução, é necessário cortar apenas o fio correto, que será indicado pelo manual do jogo. Uma imagem deste módulo pode ser observada na Figura 3.4.

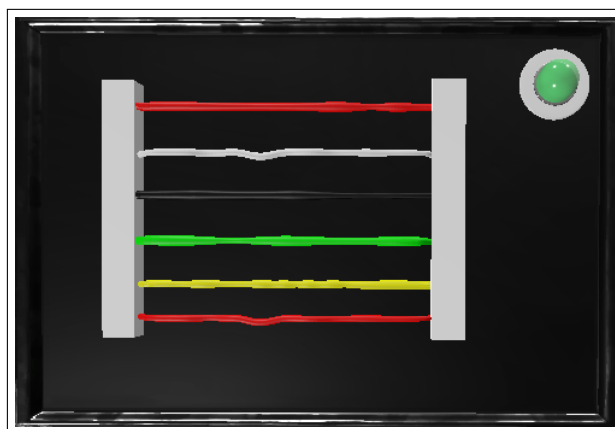


Figura 3.4: Imagem do módulo de fios finalizado do *Bomb Defuser*.

- Módulo de símbolos: este módulo possui 4 botões com símbolos diferentes desenhados em cima. Os botões devem ser apertados na ordem indicada no manual do jogo. A Figura 3.5 ilustra este módulo.



Figura 3.5: Imagem do módulo de símbolos finalizado do *Bomb Defuser*.

Com os módulos implementados, o próximo passo foi implementar as três abordagens propostas por Flowers *et al.* [11], das formas citadas a seguir:

- **Utilizar o estado do jogador como mecânica do jogo:**

Para utilizar o estado do jogador como mecânica do jogo, foi necessário interferir na mecânica de *input* do jogo, ou seja, os controles do HTC Vive. Conforme o estado emocional do jogador fica em maior nível de excitação, os controles do jogador começam a tremer dentro do jogo, além de também tremerem na vida real por meio do *rumble* dos controles do HTC Vive. Com estas duas formas de *feedback*, o jogador consegue correlacionar melhor o que está acontecendo dentro do jogo por meio do que está sentindo na vida real, e isto reforça a imersão do jogo.

O tremor dos controles dentro do jogo gera uma dificuldade ao jogador para fazer tarefas simples, como apertar um botão ou cortar um fio, podendo inclusive causar com que o jogador cometa um erro ao tentar fazer estas ações.

- **Modificar o ambiente virtual do jogo com base na mudança de estado do jogador:**

A modificação do ambiente do jogo escolhida foi fazer as luzes da sala da bomba piscarem conforme o estado emocional do jogador. Conforme maior o nível de excitação, a luz vai piscar mais vezes e vai ficar apagada entre piscadas por mais tempo. Quando as luzes da sala são apagadas, o jogador não consegue ver os detalhes da bomba, o que o força a esperar pelo momento em que a luz acende novamente para prosseguir desarmando.

- **Dar recompensa ao jogador por atingir e/ou manter um estado específico:**

Esta abordagem é a mais difícil entre as três na questão de aplicação, pois geralmente é usada em jogos de exercício físico (ou *exergames*), de forma que o jogador precisa se exercitar até um certo ponto para ganhar uma recompensa dentro do jogo.

No caso do *Bomb Defuser*, conseguiu-se levantar dois tipos de recompensa que poderiam ser utilizados no jogo. Uma das ideias era dar mais tempo pro jogador no *timer* da bomba, porém esta implementação impossibilitaria algumas das análises dos dados de jogo. Isto impediria o funcionamento correto do eixo de tempo nas análises de série temporal explicadas no capítulo 4 e, por isso, esta ideia foi descartada.

Portanto, o outro tipo de recompensa que pôde ser dada ao jogador era a informação de como desarmar a bomba. O problema é que esta informação já é fornecida pelo segundo jogador. Por isso, foi necessário criar a oportunidade da recompensa, e isso foi feito restringindo o canal de comunicação entre os dois jogadores por meio de um microfone e fones de ouvido. Quanto maior o nível de excitação, mais o canal de comunicação entre os jogadores iria falhar (com ruídos e intermitência de funcionamento).

Desta forma, o jogador precisa se manter calmo para continuar recebendo a recompensa de poder falar com o outro jogador, a fim de obter as informações de como desarmar a bomba.

Para isso, foi necessário implementar a entrada de som de um microfone no Unity. Junto à entrada, foi adicionado um filtro passa-alta, para que o som da voz do outro jogador se assimilasse mais ao som de um alto-falante comum.

Todas as abordagens acima foram implementadas de forma a receber uma variável com valor de 0 a 1. Este valor representa a intensidade da abordagem naquele momento, sendo que quanto mais perto de 1, mais a abordagem irá afetar o jogo, e por consequência, mais difícil ele ficará.

Esta variável sofrerá mudanças em tempo real por meio dos dados recebidos do sensor de *biofeedback*, entretanto, isto será explicado em mais detalhes na Seção 3.3.

Depois das abordagens, fez-se a implementação do alarme. Diferentemente do jogo original, o alarme não pode ser interrompido no Bomb Defuser, por razões que serão explicadas na Seção 3.4.

Por fim, foram implementados o *timer* da bomba e sua mecânica de acelerar conforme a quantidade de erros.

### 3.2.7 Criação do manual

O manual do *Bomb Defuser* foi criado com base no manual do jogo base *Keep Talking and Nobody Explodes* [31], e foi desenvolvido com o intuito de instruir o especialista a auxiliar

o desarmador a desarmar a bomba. Pelo fato do especialista não poder ver a bomba ou o que o desarmador está fazendo no exato momento em que estão se comunicando, o manual foi projetado para ser bastante descritivo, e o modelo de resolução para cada módulo é sempre um algoritmo com passos bem definidos. Isto auxilia tanto o especialista, por poder explicar ao desarmador o que fazer em passos mais simples; quanto a programação do jogo, que consegue descrever os passos do manual facilmente em estruturas condicionais dentro do código.

O manual que foi criado para o jogo *Bomb Defuser* está em anexo, no Apêndice A desta monografia.

## 3.3 Coleta dos dados

Nesta seção, será explicado todo o processo de obtenção dos dados afetivos do jogador desarmador do *Bomb Defuser*, desde sua coleta pelo sensor até a sua utilização no Unity.

### 3.3.1 Sensor

Os dados afetivos do jogador são coletados por meio de um sensor de *biofeedback*. O sensor que foi utilizado neste experimento é o Empatica E4 (Figura 3.6). Este sensor consegue detectar dados de EDA, BVP, temperatura da pele e acelerômetro com a taxa de atualização de 7 Hz.

Este sensor é feito no formato de uma pulseira que deve ser usada pelo jogador durante todo o tempo de jogo. Como o jogo envolve mexer os braços por conta da realidade virtual, o sensor deve estar bem preso ao braço do jogador para que não haja variações na coleta dos dados afetivos.

### 3.3.2 Aplicativo iOS

O sensor envia os dados de coleta por meio da tecnologia Bluetooth, e estes dados precisam ser recebidos pelo Unity para que sejam utilizados dentro do jogo. Durante o período em que este trabalho foi feito, o sensor Empatica E4 só tinha suporte a um modelo de receptor de Bluetooth para Windows, que não estava disponível para uso na pesquisa.

Portanto, foi necessário desenvolver um aplicativo para celular para receber os dados do sensor, e por meio do aplicativo enviar os dados de alguma forma para o computador. O aplicativo foi desenvolvido para iOS, pois o celular disponível para uso na pesquisa era um iPhone 6.





Figura 3.6: Sensor Empatica E4. Fonte: <https://www.empatica.com/get-started-e4>. Acessado em 23/06/2019.

O aplicativo foi desenvolvido com base na API da Empatica para iOS, que contém as funções para conectividade do sensor com o celular via Bluetooth e também as funções de recebimento dos dados.

Nesta pesquisa, o único dado afetivo que é coletado pelo aplicativo é o EDA. Isto será melhor detalhado na Sub-seção 3.4.1.

### 3.3.3 Web Service e banco de dados

Para que as informações do sensor pudessem ser usadas pelo computador, é necessário uma forma de comunicação entre o computador e o celular. Para isso, foi utilizado um *web service* desenvolvido na linguagem PHP.

O *web service* recebe os dados do celular por meio de pacotes JSON, e os armazena em um banco de dados feito em SQL. Também são funções do *web service* apagar o banco de dados ao início de uma nova coleta e disponibilizar funções para acesso dos dados no banco de dados, que serão explicadas de forma melhor na próxima sub-seção.

Como o sensor envia dados na taxa de 7 Hz, ou seja, 7 conjuntos de dados por segundo, o par *web service* + banco de dados deve ser robusto o suficiente para suportar este fluxo de dados. Isto também exige que a conexão do celular com o servidor que hospeda este *web service* seja boa.

### 3.3.4 Pacote JSON

O JSON utilizado para os dados do sensor contém três tipos de dados: o ID, que é um identificador primário do dado; o valor da condutividade da pele, em microsiemens ( $\mu S$ ); e o tempo em que o dado foi coletado, em formato de *timestamp*. Estes pacotes são recebidos pelo *web service* e convertidos em entradas no banco de dados SQL.

### 3.3.5 Integração com o Unity

Para que os dados sejam recebidos no Unity, é necessário que o Unity consiga consumir o *web service* em PHP. Isso é feito utilizando uma das bibliotecas nativas do Unity. Com isso, é possível obter os dados do sensor que são armazenados no banco de dados SQL.

Para o envio dos dados afetivos, as entradas do banco de dados são convertidas novamente para o formato JSON, e então são enviadas para o jogo. Dentro do código do jogo no Unity, são feitas coletas dos dados em intervalos de 2 segundos. As coletas não ocorrem o tempo todo, pois isto onera bastante no desempenho do jogo, além do fato de que as chamadas de coleta são blocantes, o que causa travamento no jogo caso a coleta do banco de dados ocorra em todos os *frames*.

## 3.4 Detecção de emoções

Os dados afetivos são recebidos no jogo, mas é preciso fazer um processamento nestes dados para que seja possível detectar o estado emocional do jogador. Esta seção irá discorrer sobre como a detecção de emoções é feita dentro do *Bomb Defuser*.

### 3.4.1 Modelo PAD

Como mencionado anteriormente, o modelo PAD será utilizado para a detecção das emoções do jogador. Assim como na maioria dos outros trabalhos, o eixo de dominância não será utilizado, pois a intenção de prejudicar outra pessoa não é objeto de estudo desta pesquisa [1].

O modelo simplificado a ser usado neste trabalho também não irá utilizar o eixo de prazer, pois para que fosse possível identificar uma métrica para este eixo, seria necessário utilizar reconhecimento facial [16], [32]. Isto não é possível neste trabalho por conta do óculos RV, que impede a visão da face do jogador.

Por conta disto, a análise do estado emocional será feita somente pelo eixo de excitação. Isto não resultará na identificação de uma emoção exata, mas sim em grupos de emoções (emoções calmas e emoções agitadas), o que é suficiente para os objetivos deste estudo.

### 3.4.2 Detecção de excitação

Para a detecção de excitação, foi utilizado o *asset* RealTimeUsingGSR [33], disponível para a linguagem C#. Este *asset* recebe os dados de EDA do jogador e retorna uma métrica chamada General Arousal Level, ou GAL. Esta métrica é um número de 0 a 100, onde 0 é a menor excitação possível e 100 é a maior excitação possível.

### 3.4.3 Integração ao jogo

Após obter a métrica para a excitação do jogador, foi necessário integrar esta métrica ao jogo, por meio das abordagens propostas. Cada abordagem foi implementada de forma a receber uma métrica de 0 a 1, sendo 0 a não-interferência da abordagem e 1 a maior interferência possível. Para adequar o valor da métrica do *asset*, bastou uma simples divisão do valor do GAL por 100.

## 3.5 Preparação do Experimento

Com o jogo pronto e adequado para receber os dados afetivos do jogador, foi possível começar os preparativos para o experimento com os jogadores voluntários. Esta etapa envolveu elencar participantes para jogar o jogo, e conduzir os experimentos coletando dados de jogo e dos participantes para obter resultados que pudessem subsidiar as análises acerca de cada abordagem empregada no jogo.

### 3.5.1 Confecção do questionário

Além dos participantes do experimento jogarem o *Bomb Defuser*, viu-se a necessidade de aplicar um questionário pós-jogo, com o objetivo auxiliar na análise das hipóteses levantadas durante o desenvolvimento do jogo, além de levantar dados sobre a influência das abordagens nos jogadores.

Foram feitas algumas perguntas para determinar o grupo demográfico dos jogadores com relação a jogos, como gênero, nível de casualidade, utilização prévia da tecnologia de RV, entre outros.

Foi perguntado também se os jogadores já haviam jogado o jogo base *Keep Talking and Nobody Explodes*. Esta pergunta é relevante, pois possibilita uma possível correlação entre o desempenho de pessoas com experiência prévia no jogo.

Por fim, foram colocadas uma série de perguntas sobre a percepção dos jogadores sobre as abordagens. Como cada jogador pode ter uma percepção diferente por exercer uma função diferente, foram feitos dois questionários separados. Assim, foi possível fazer um estudo posterior para a verificação de correlação de percepção por função no jogo.

Os questionários completos feitos para o desarmador e o especialista estão disponíveis no Apêndice C e D, respectivamente.

### 3.5.2 Delineamento do jogo

O delineamento do jogo foi feito de forma que cada par de jogadores resolva cada módulo disponível no jogo (módulo de símbolos e módulo de fios) de acordo com cada abordagem a ser testada (mecânica, ambiente e recompensa). Portanto, cada par de jogadores tentará resolver 6 módulos no total.

Como no estudo exploratório foi criada a hipótese de que o tempo é um fator que influencia os jogadores durante o jogo, os módulos serão apresentados em 2 ordens diferentes, onde cada dupla de participantes fará os módulos na ordem que não foi apresentada à dupla anterior. Assim, ao final do experimento, o número de sessões de jogo em cada ordem será praticamente igual, e os módulos terão sido testados em situações de tempo diferentes. Isto é importante para que seja feita uma análise posterior sobre a relação entre resolução de módulos e tempo restante.

O delineamento completo do jogo, com a ordem e configuração de cada um dos módulos está no Apêndice B.

### 3.5.3 Roteiro do experimento

Para que todos os testes fossem unificados, foi feito um roteiro para o experimento. Neste roteiro, se estabeleceu uma ordem de passos para o aplicador do teste, desde as frases que serão faladas aos participantes até a apresentação dos objetos utilizados.

Também faz parte do roteiro limitar a quantidade de informações que o aplicador do teste pode fornecer aos participantes, pois isto também pode fazer a experiência variar entre sessões.

Outro fator definido no roteiro do experimento é que será considerada apenas a primeira coleta de dados da dupla. Levando em conta que muitos participantes participam da pesquisa com o intuito de jogar com os óculos de RV, foi colocado um trecho no roteiro que diz aos participantes que, se quiserem, o jogo pode ser jogado uma segunda vez com a inversão dos papéis dos jogadores. Porém, esta segunda sessão de jogo não pode ser utilizada para as análises de abordagem, pois os participantes já estão enviesados após a primeira coleta, modificando assim a influência dos fatores do jogo.

Também foi estabelecido no roteiro do experimento que o desarmador deveria passar por uma sessão de relaxamento antes do jogar o jogo, de forma que os dados iniciais de *biofeedback* coletados representassem o estado de excitação calmo do desarmador. O relaxamento era conduzido com a utilização de abafadores de ruído, além de inserir o

desarmador em um ambiente de natureza em realidade virtual. O ambiente utilizado é o do menu do SteamVR.

O roteiro do experimento com todos os procedimentos seguidos na pesquisa está disponível no Apêndice B.

### **3.5.4 Dados coletados no jogo**

O jogo implementa a coleta de vários dados de cada sessão de jogo. Estas informações devem ser armazenadas de forma que possam ser utilizadas para análise posteriormente.

Para tal, as informações coletadas são guardadas em classes estáticas no código durante a execução do jogo, e ao final da sessão de jogo as informações guardadas nestas classes são salvas em um arquivo JSON localmente na pasta do jogo.

Estas classes estáticas guardam várias informações, divididas em tipos. Existem classes para os dados de relaxamento do jogador, como os dados de EDA deste período, o GAL calculado para relaxamento e ordem dos módulos.

Outra classe guarda as informações do jogador durante o jogo. Ela guarda dados de todos os eventos (alarmes, abordagens), dados dos módulos (tipo, ordem, acertos e erros), entre outros.

A última classe guarda os dados de fim de jogo. É armazenado o tempo final, o número de erros totais e se a sessão foi vitoriosa ou não.

As classes utilizadas para guardar os dados estão disponíveis no Anexo I.

# Capítulo 4

## Testes e Análise dos resultados

Neste capítulo são apresentados os testes realizados durante a condução do experimento, bem como as análises exploratórias feitas sobre os dados obtidos. Estas análises buscam encontrar correlações entre elementos do jogo e comportamentos específicos do jogador, além de verificar as hipóteses levantadas ao início do trabalho, especificamente as que envolvem as três abordagens, que consistem no objetivo principal deste trabalho.

### 4.1 Teste Piloto

Antes do início do experimento propriamente dito, foi conduzido um teste piloto da coleta de dados, para identificar possíveis problemas nos procedimentos ou no jogo. Este teste piloto foi realizado com 8 participantes, na disposição de 4 duplas, que jogaram o jogo e responderam aos questionários.

Ao fim do piloto, foram detectados alguns problemas em vários pontos da pesquisa, que serão listados abaixo:

- O manual do jogo faltava algumas informações sobre o módulo de fios. Alguns participantes não sabiam em qual sentido os fios deviam ser contados (de baixo para cima ou de cima para baixo). Também havia uma dúvida no caso de um erro, quando era cortado o fio errado, por exemplo, os jogadores não sabiam se deviam continuar a resolução com a quantidade de fios contando o fio cortado ou não.

Estes dois problemas foram corrigidos e as respectivas informações foram adicionadas no manual.

- O modelo do módulo de fios apresentava um problema por conta das cores utilizadas, a maleta e os módulos foram pintados com uma cor cinza metálica, e de acordo com o ângulo da maleta com relação à iluminação da sala da bomba, esta cor tendia ao preto. Porém, uma das cores possíveis para os fios é a cor preta. Por conta disso,

alguns dos jogadores não conseguiam ver o fio preto em um dos módulos, e isto causou muitos erros neste módulo em específico.

Para tentar resolver este problema, foram tomadas duas ações: adicionar um contorno azul ao fio ou símbolo selecionado, para destacá-lo do fundo do módulo; e adicionar um fundo no módulo de fios colorido de cinza claro não-metálico, para evitar confusões com relação a cor.

- Os participantes reportaram que utilizando somente o fone de ouvido do HTC Vive, ainda era possível escutar o segundo jogador por fora do jogo. Isto não poderia acontecer nos testes, pois afeta diretamente a abordagem de recompensa.

Para resolver este problema, foi necessário adquirir um abafador de ruído, para colocar por cima dos fones de ouvido. Desta forma, foi possível diminuir bastante o som externo ao jogo, o que além de resolver o problema proposto, aumentou a imersão do desarmador.

- Houve problemas na coleta dos dados de EDA. Os arquivos JSON coletados não estavam exibindo os objetos com os dados do EDA.

Após o piloto, foi detectado que isto ocorria devido a um bug no código de geração do JSON, que foi corrigido prontamente.

## 4.2 Realização do Experimento Final

Após a realização do teste piloto e das resoluções dos problemas detectados nele, foi possível dar início ao teste final deste estudo. No total, 42 participantes participaram do experimento, resultando em 21 duplas. Como o jogo precisa ser jogado em dupla, foi necessário fazer um esquema de organização de participantes, para que todos pudessem combinar horários em que duas pessoas viessem. Esta organização foi feita por meio da plataforma Doodle, onde foram listados os horários disponíveis para o experimento e os participantes marcavam o horário que desejavam comparecer.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sistemas Integrados e Concorrentes (LAICO) do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília, pois era necessário um computador com os requisitos mínimos para uso do HTC Vive, o qual estava disponível neste laboratório.

O HTC Vive exige que duas câmeras de infravermelho sejam instaladas para que a posição do óculos e dos controles seja detectada. Por não haver tripés disponíveis, as câmeras foram posicionadas em cima de dois gabinetes de computador do laboratório, em uma disposição cruzada. Desta forma, o jogador ficaria entre as câmeras, e uma câmera

veria a outra, o que também é um fator necessário para o funcionamento adequado da tecnologia de RV.

Como mencionado anteriormente, o desarmador precisava colocar o sensor Empatica E4, o óculos de RV HTC Vive, fones de ouvido e o abafador de ruídos para jogar o jogo. Uma foto que foi tirada durante uma das coletas e demonstra a disposição dos equipamentos utilizados no experimento se encontra na Figura 4.1.



Figura 4.1: Imagem capturada durante o experimento de um participante jogando como desarmador.

Quanto à disposição dos equipamentos para o especialista, um microfone de mesa com um pequeno tripé foi posicionado em uma das bancadas do laboratório. Em cima da bancada também foi deixada uma cópia impressa do manual do jogo. Imagens desta disposição estão disponíveis nas Figuras 4.2 e 4.3.

Para a configuração do *web service*, um MacBook Pro foi utilizado como servidor, e foi utilizado o Wi-Fi interno do Laboratório LAICO para conexão. Desta forma, foi garantido que a quantidade de acessos nesta rede seria mais restrita e a conexão seria satisfatória.

Como mencionado na Subseção 3.5.3, apenas as primeiras coletas podem ser utilizadas nas análises de abordagem. Entretanto, para as duplas que jogaram duas vezes, também foram coletados os dados da segunda sessão de jogo, para o caso de ser feita alguma análise com estes dados. Das 21 duplas participantes, 14 delas jogaram uma segunda vez.

Durante a pesquisa final, foram detectados mais alguns problemas no experimento, que serão listados abaixo:

- O problema do fio preto no módulo de fios continuou acontecendo, porém as causas mudaram: desta vez, alguns participantes não identificaram o fio preto por causa





Figura 4.2: Imagem do especialista falando ao microfone.

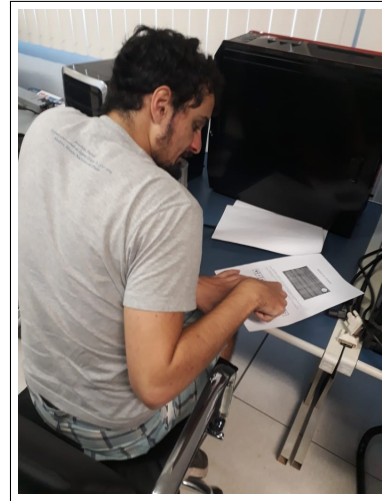


Figura 4.3: Imagem do especialista lendo o manual.

do seu formato. O módulo de fios possui vários modelos diferentes para os fios, dependendo de sua posição no módulo. Em uma das configurações, o primeiro fio do módulo, que possui um formato mais reto, era colorido de preto. Por conta disso, alguns participantes acharam que o fio era uma espécie de separador do módulo, e não o identificavam como um fio. Por consequência, a contagem de fios era feita de forma errada, e os jogadores chegavam em uma resolução errada.

Como o experimento já estava em andamento, a solução utilizada foi interferir e avisar os jogadores quando se percebia que este problema estava acontecendo, visto que este era um problema onde a culpa do erro não era do jogador, mas sim do jogo.

- Alguns participantes confundiram a interferência da abordagem de recompensa, onde se atrapalhava a comunicação entre os jogadores, com fatores externos ao experimento. Este fator externo em questão era o barulho proveniente de um servidor que estava rodando simulações no Laboratório durante o período dos experimentos. Este servidor fica bem próximo de onde o microfone estava posicionado, pois havia uma limitação de distância por conta do tamanho do cabo do microfone. Isto pode ser observado na Figura 4.2, onde é possível ver um pedaço do servidor na parte inferior esquerda da imagem. Por conta disso, o desarmador conseguia ouvir este barulho do servidor por dentro do jogo, e o confundia com a abordagem de recompensa.

Este problema não teve nenhuma solução a princípio, pois não era possível saber quando este fator influenciou os jogadores antes que os mesmos respondessem à pesquisa. Em poucos casos, os participantes perguntavam se o barulho do servidor era intencional, e se eles deviam responder as perguntas da abordagem de recom-

pensa levando este barulho em conta. Nestes casos, era possível resolver o problema explicando a situação para os participantes.

## 4.3 Análise dos Resultados

Para as análises feitas neste capítulo, foi utilizado o programa JupyterLab com a linguagem Python e as bibliotecas Pandas, Matplotlib, entre outras.

Primeiramente, podemos fazer uma análise do desempenho dos jogadores. O gráfico de vitórias por quantidade de duplas é apresentado na Figura 4.4.

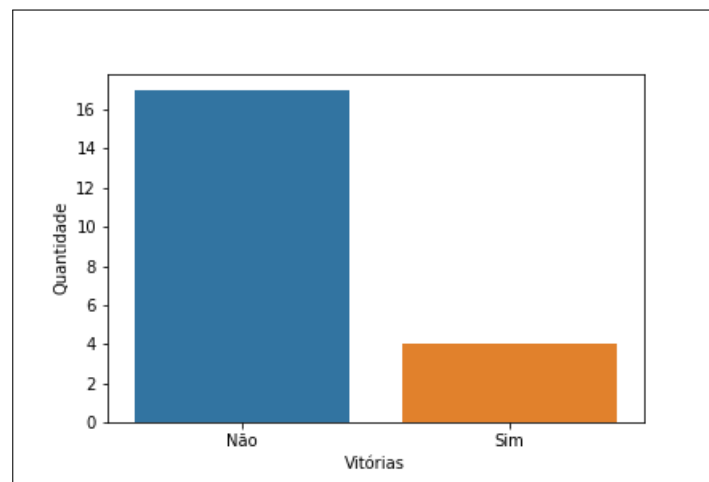


Figura 4.4: Gráfico de número de vitórias por quantidade de duplas

Como mostrado no gráfico, apenas 19% das duplas foi vitoriosa, o que mostra que o jogo teve um nível de dificuldade alta para os participantes.

### 4.3.1 Análise demográfica

Para descobrir a causa desta dificuldade, serão conduzidas análises sobre o perfil do jogador. No questionário que os jogadores responderam, haviam várias perguntas sobre o seu perfil demográfico em geral, e sobre o seu perfil como jogador. Estas perguntas estão nos questionários, que estão disponíveis nos Apêndices C e D. As respostas destas perguntas serão cruzadas com os dados de vitória dos participantes, o que permitirá que sejam feitas análises que possam relacionar estes dois fatores. As análises abaixo são apenas as que geraram resultados significantes.

Primeiramente foi gerado o gráfico de nível de casualidade por vitória, disponível na Figura 4.5. Observa-se que todos os jogadores que venceram tinham o nível de casualidade acima de 3. Além disso, os jogadores do maior nível (5) tiveram o melhor desempenho:

40% deles obteve vitória. Por conta disso, infere-se que a casualidade do jogador é um dos fatores que afetou o desempenho.

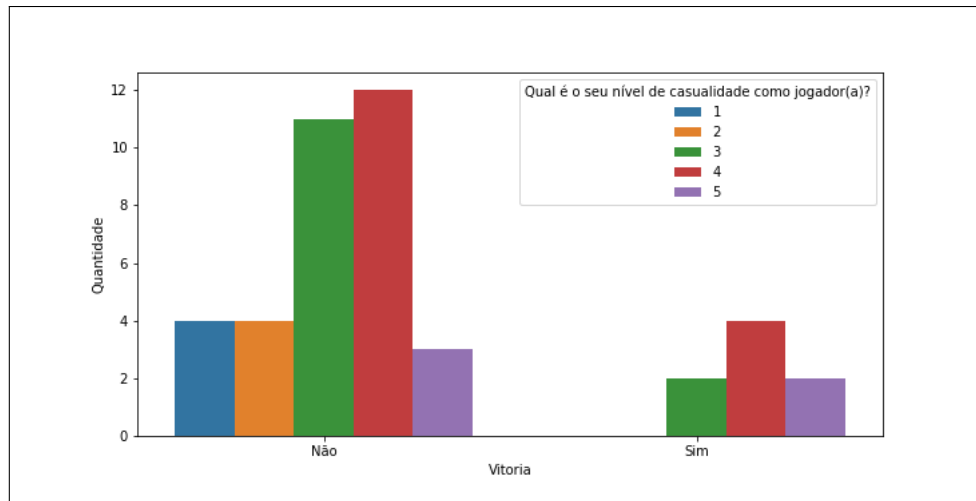


Figura 4.5: Gráfico de número de vitórias por nível de casualidade em jogos cooperativos (1 - casual, 5 - competitivo)

Também foi gerado o gráfico de correlação entre nível de familiaridade em jogos cooperativos e vitória. Este gráfico é mostrado na Figura 4.6. Percebe-se que o nível de familiaridade com jogos cooperativos não é um fator determinante para o desempenho dos jogadores, pois o nível 5 tem o maior número de jogadores que perderam (10). Entretanto, percebe-se também que todos os jogadores que venceram marcaram nível 4 ou 5 nesta pergunta, portanto é possível que o nível de familiaridade tenha dado alguma vantagem a estes jogadores em comparação aos outros.

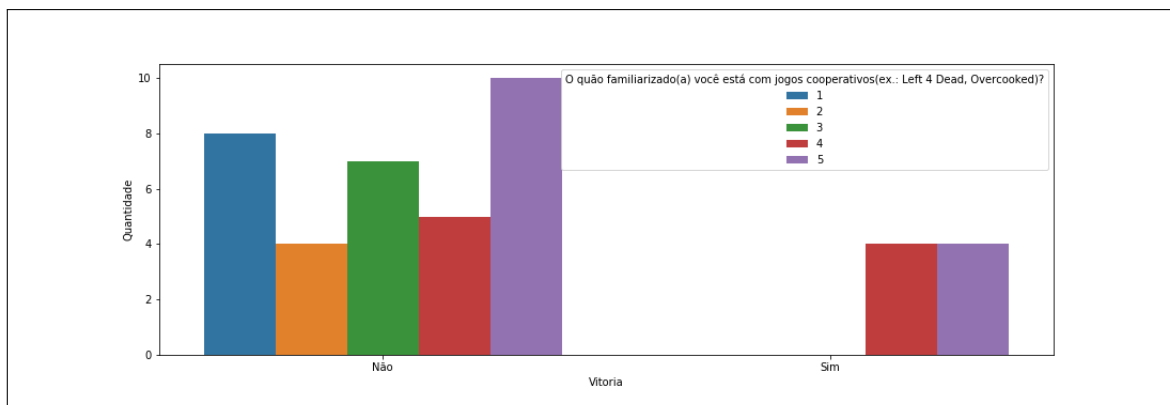


Figura 4.6: Gráfico de número de vitórias por nível de familiaridade em jogos cooperativos (1 - pouco familiarizado, 5 - muito familiarizado)

Por fim, temos o gráfico de correlação entre a ordem do experimento (presente no roteiro do experimento) e vitória (Figura 4.7). Neste gráfico, percebe-se que houve uma

quantidade maior de vitórias na ordem 2 do experimento. Isto implica que a ordem do experimento interfere no desempenho dos jogadores. Este resultado difere do que era esperado, pois a ordem 2 do experimento possuía o módulo de fios que confundia alguns jogadores (este problema foi explicado na Sub-seção 4.2), porém mostra uma diferença significativa entre o desempenho de cada ordem.

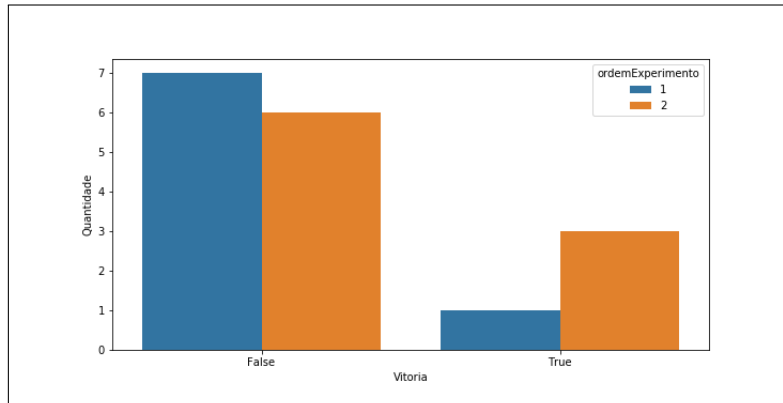


Figura 4.7: Gráfico de número de vitórias por ordem do experimento

### 4.3.2 Análises para hipóteses do estudo exploratório

Nesta seção, serão postas à prova as hipóteses levantadas durante o estudo exploratório (explicado na Sub-seção 3.2.3) que se também se aplicam ao *Bomb Defuser*. As hipóteses serão listadas abaixo, junto com as análises específicas:

- **Quanto menos tempo os jogadores tinham, mais agitados eles ficavam.** Para verificar esta hipótese, foi tirada uma média de todos os dados afetivos de todos os participantes do experimento. Este gráfico é apresentado na Figura 4.8.

Percebe-se que, para a maior parte do gráfico, conforme a passagem do tempo fica maior, o desarmador fica num estado emocional mais agitado. Portanto, esta hipótese foi confirmada.

- **Se o módulo que os jogadores estavam resolvendo fosse completamente novo, a dificuldade se tornava significativamente mais alta. O contrário também era percebido: a partir da primeira repetição de um módulo, os jogadores já o resolviam de forma mais rápida e direta.**

Para testar esta hipótese, foram coletados os tempos de duração de todos os módulos (desde o início até o final da resolução). Para isso, foram comparados os tempos dos módulos na sua primeira e segunda aparição.

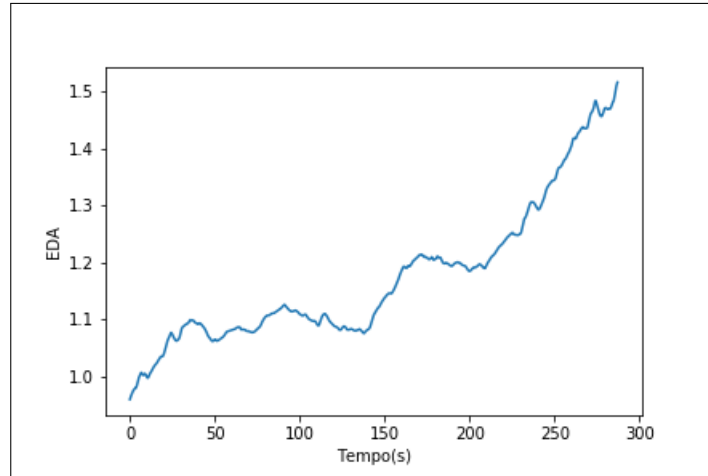


Figura 4.8: Gráfico da média de EDA de todas as coletas

A média do tempo de resolução dos módulos na sua primeira aparição foi de aproximadamente 106.5 segundos. Já a média do tempo de resolução dos módulos na sua segunda aparição foi de aproximadamente 50 segundos, valor que é menos da metade do que foi encontrado para as primeiras aparições.

Portanto, com o tempo de resolução caindo significativamente entre amostras, é mostrada uma grande queda na dificuldade dos módulos, e pode-se confirmar esta hipótese.

- **Um jogador era influenciado pelo estado emocional do outro jogador.**

Para averiguar esta hipótese, foi utilizada uma pergunta que está presente nos dois questionários, que é: "O quanto você foi afetado (emocionalmente) pelo estado emocional do outro jogador?". O gráfico que apresenta as respostas dessa pergunta se encontra na Figura 4.9.

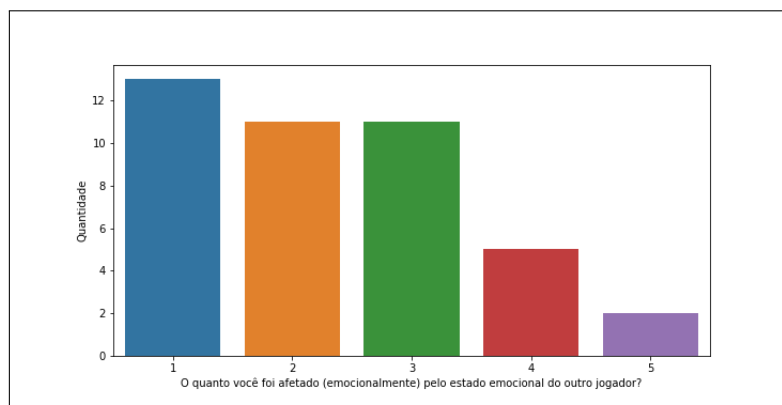


Figura 4.9: Gráfico das respostas da pergunta sobre ser afetado emocionalmente pelo outro jogador (1 - não influenciou, 5 - influenciou muito)

Como observado no gráfico, a maioria dos participantes respondeu que não foi muito afetado pelo estado emocional do outro jogador. Ao que este gráfico indica, esta hipótese pode ter sido refutada. No entanto, não se pode afirmar este fato, pois a abordagem foi baseada na percepção dos jogadores, e esta percepção pode diferir do quanto a abordagem realmente afetou o jogador.

### 4.3.3 Análise do EDA

Para fazer as análises do EDA, foi necessário utilizar alguns conceitos estatísticos para o melhor uso destes dados.

Os dados do EDA apresentaram, em algumas coletas, variações na medição, que provavelmente foram causadas por movimentações do sensor no braço do desarmador. O gráfico de uma coleta em que ocorreu este problema é mostrado na Figura 4.10.

Para resolver este problema, foi aplicado a média EWMA na série temporal de dados do EDA. Exponentially Weighted Moving Average (EWMA), ou média móvel exponencial ponderada, é um tipo de média utilizada para suavizar variações em gráficos de série temporal. O cálculo desta média, de acordo com Hunter [34], é dado da seguinte forma:

Sendo S a série resultante do EWMA e Y a série temporal inicial, a equação do cálculo de S é:

$$S_t = \begin{cases} Y_1, & \text{se } t = 1. \\ \lambda \cdot Y_t + (1 - \lambda) \cdot S_{t-1}, & \text{se } t > 1. \end{cases} \quad (4.1)$$

O cálculo de EWMA funciona como um filtro passa-baixa, onde as amostras mais próximas de T tem peso maior e as mais distantes de T tem peso menor. Este peso é definido como  $\lambda$ , e pode ser calculado de várias formas. A forma que será utilizada neste trabalho é a de período(T), que é calculada da seguinte forma:

$$\lambda = \frac{2}{(T + 1)}, \text{ para } T > 1. \quad (4.2)$$

Desta forma, quanto maior o período utilizado, menor o valor de  $\lambda$ , e maior a influência dos valores das amostras mais distantes.

Esta média é utilizada neste contexto para suavizar a curva do gráfico, diminuindo a influência das variações de medição. Um gráfico com EWMA aplicado está disponível na Figura 4.11.

Como mencionado e explicado na Seção 3.5.3, apenas os dados das primeiras coletas foram utilizados para estas análises.

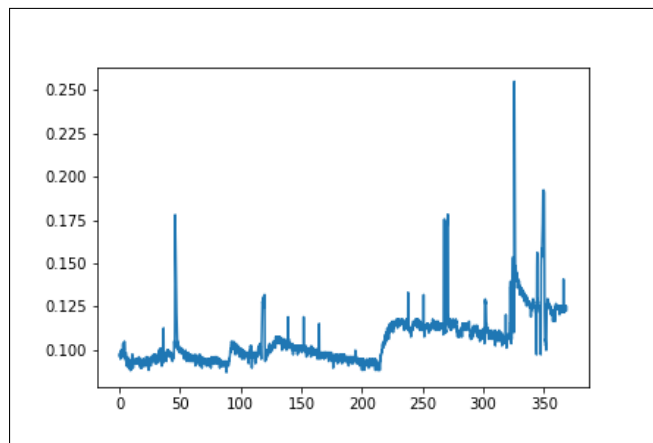


Figura 4.10: Gráfico de valor de EDA por tempo, sem EWMA.

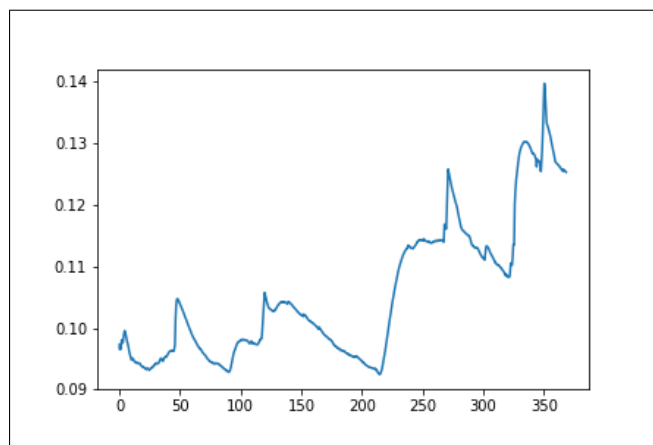


Figura 4.11: Gráfico de valor de EDA por tempo, com EWMA.

Um problema encontrado durante esta análise foi que os dados do JSON não armazenaram a ordem do experimento corretamente. Este problema ocorreu por causa de um *bug* no código. Felizmente, foi possível extrapolar estes dados na análise por meio dos módulos: na ordem 1 o primeiro módulo era de símbolos e na ordem 2 o primeiro módulo era de fios. Com isto, foi possível refazer este dado.

Primeiramente, foi analisada a influência do alarme como um todo no jogador. Para isso, foi feito um gráfico com a média de todos os alarmes de todas as tentativas nas duas ordens, não importando a abordagem utilizada em conjunto com o alarme. Foi analisada a série de valores de EDA desde o momento de ativação do alarme até o momento em que o alarme é desligado (10 segundos depois da ativação). Com isto, foi gerado o gráfico da Figura 4.12.

Percebe-se que, até a metade do tempo, a média tende a uma subida linear. Isto comprova a hipótese de que o toque do alarme é efetivo para aumentar o EDA, e consequentemente, deixar o jogador num estado emocional mais eufórico.

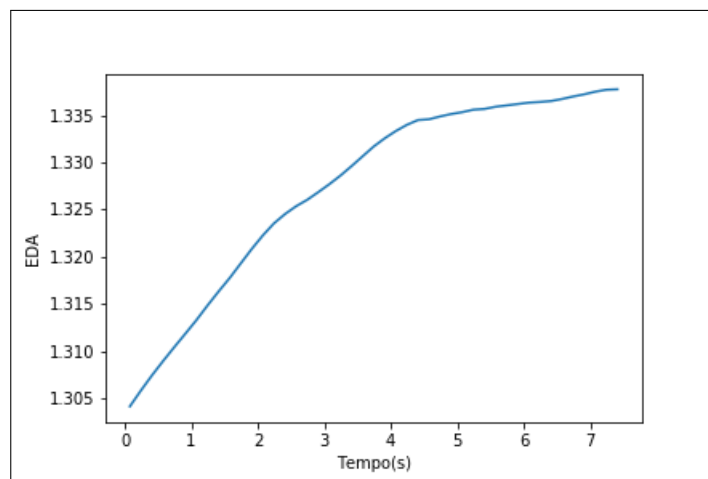


Figura 4.12: Gráfico da média de EDA de todas as coletas no período de duração dos alarmes

Após a primeira metade do tempo, o EDA continua subindo, porém em uma intensidade bem menor. Isto pode ser um indício do funcionamento das abordagens, onde o jogador tenta se acalmar para diminuir seu EDA. Porém, para que se possa comprovar a efetividade de cada abordagem, serão feitas análises com as abordagens em separado.

As análises de cada abordagem foram feitas da seguinte forma: foram levados em conta todos os tempos dos alarmes que tocaram com a abordagem em questão, como na análise anterior. A partir destes tempos, foram extraídos os valores de EDA do início até o fim do período em que o alarme tocou. Foi tirada uma média aritmética de todos estes valores, e por fim foram gerados os gráficos.

Primeiramente, temos a análise da primeira abordagem (mecânica). O gráfico obtido está representado na Figura 4.13. Observa-se que a subida característica advinda do alarme aparece na primeira metade do gráfico, porém o valor se estabiliza mais na segunda metade, o que era o intuito desta abordagem. Portanto, usando este gráfico como referência, pode-se dizer que a primeira abordagem foi efetiva no controle emocional do jogador.

A segunda abordagem (ambiente) possui o gráfico representado na Figura 4.14. Assim como no gráfico da primeira abordagem, o período de 0 a 5 segundos mostra a subida linear característica do uso do alarme. Entretanto, o resto do gráfico mostra uma neutralização na inclinação da curva, o que também demonstra efetividade desta abordagem para diminuir a excitação do jogador.

Por último, será feita a análise da terceira abordagem (recompensa). O gráfico desta abordagem está presente na Figura 4.15. O início do gráfico mostra uma subida linear do valor de EDA, porém diferentemente dos outros gráficos não há uma neutralização forte da inclinação da curva, o que demonstra que esta abordagem não teve uma efetividade



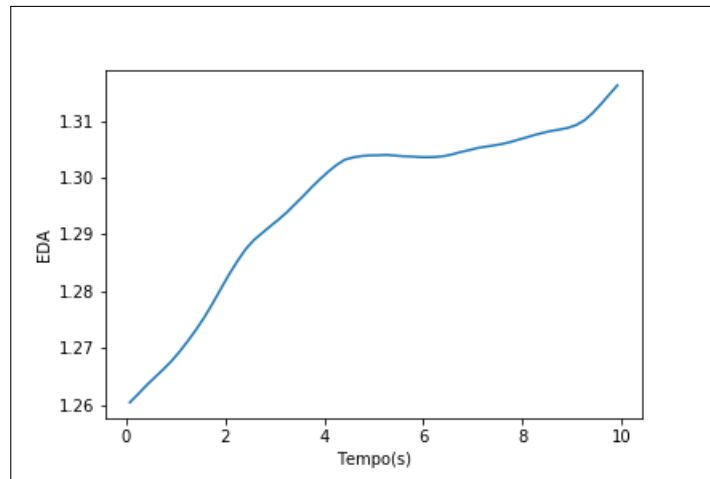


Figura 4.13: Gráfico da média de EDA do período de tempo de todos os alarmes com a primeira abordagem

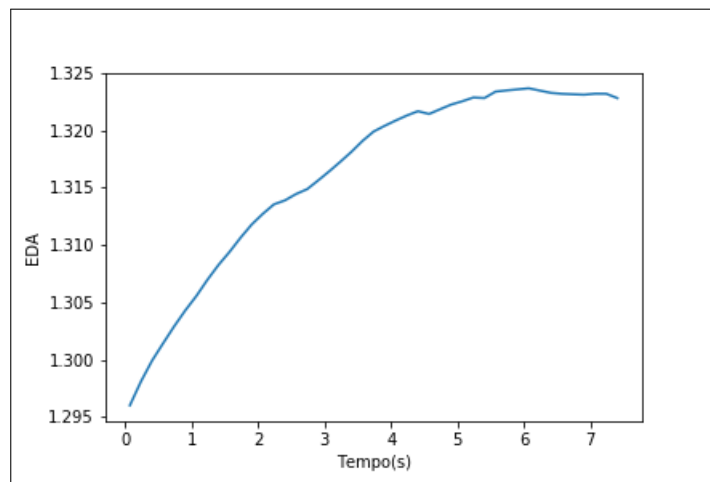


Figura 4.14: Gráfico da média de EDA do período de tempo de todos os alarmes com a segunda abordagem

muito grande no controle emocional do jogador.

## 4.4 Comparativo entre as três abordagens

Os gráficos de EDA de cada abordagem foram analisados acima. Entretanto, é necessário fazer uma confirmação com os dados obtidos na pesquisa com os jogadores que desarmaram a bomba, para saber se os dados coletados coincidem com o que foi reportado por eles.

Começando pela primeira abordagem, o gráfico da pergunta sobre a influência desta abordagem está disponível na Figura 4.16. Como pode ser notado, os jogadores responderam que esta abordagem influenciou consideravelmente. Isto pode ser visto no gráfico de

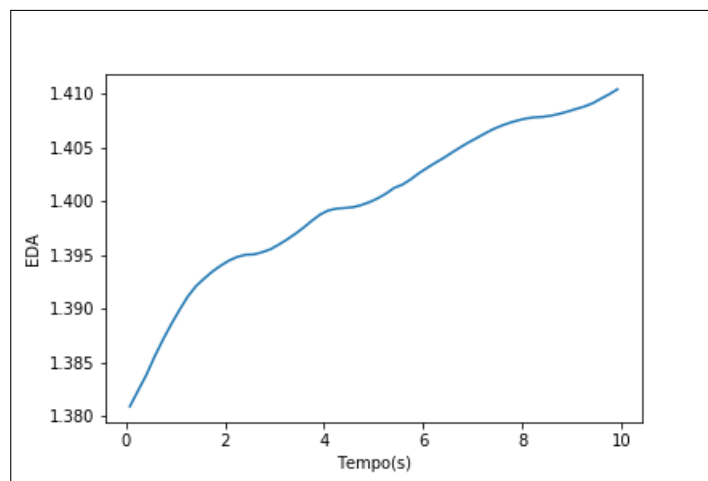


Figura 4.15: Gráfico da média de EDA do período de tempo de todos os alarmes com a terceira abordagem

EDA da Figura 4.13 por meio da variação do valor máximo e mínimo do EDA: é a maior variação nos três gráficos. Entretanto, os jogadores conseguiram controlar esta subida como explicado na sub-seção anterior.

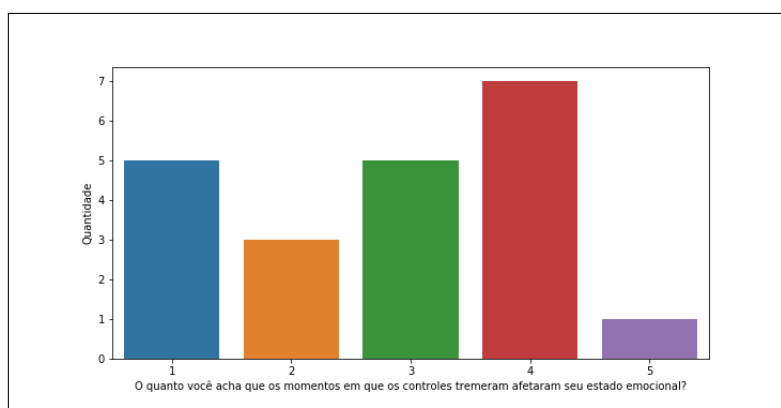


Figura 4.16: Gráfico da pergunta sobre influência da primeira abordagem. (1 - não afetou, 5 - afetou muito)

Sobre a segunda abordagem, o gráfico da pergunta equivalente à esta abordagem está disponível na Figura 4.17. Neste gráfico, é bastante notável que os jogadores não acharam relevante a influência desta abordagem. A variação do valor máximo e mínimo de EDA deste gráfico é a mesma do gráfico da terceira abordagem, embora segundo os gráficos de pesquisa os jogadores achem que a influência da terceira abordagem foi maior. Portanto, existe uma incoerência entre os gráficos da segunda abordagem.

Esta incoerência pode ter acontecido por alguns fatores. Um deles pode ter sido o mau entendimento dos jogadores na hora de responder a pergunta sobre a terceira abordagem, como explicado na Sub-seção 4.2. Isto pode ter alterado os valores colocados

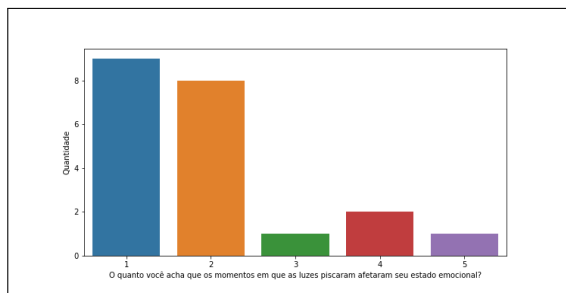


Figura 4.17: Gráfico da pergunta sobre influência da segunda abordagem. (1 - não afetou, 5 - afetou muito)

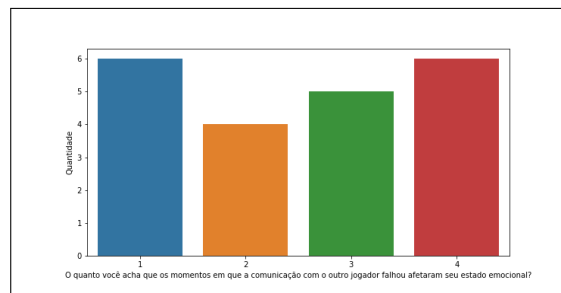


Figura 4.18: Gráfico da pergunta sobre influência da terceira abordagem. (1 - não afetou, 5 - afetou muito)

pelos jogadores, e se estes valores fossem mais baixos, seriam mais próximos do gráfico da segunda abordagem. Desta forma, a variação de EDA de valor próximo das duas abordagens estaria explicada.

# Capítulo 5

## Conclusão

Terminadas as análises, pode-se chegar às conclusões deste trabalho. Os gráficos e análises obtidas sobre os dados coletados na pesquisa final foram essenciais para medir e qualificar os resultados do jogo no que foi proposto neste estudo: verificar o uso das três abordagens propostas por Flowers *et al.*[11] para jogos de *biofeedback* em RV.

Antes de mencionar as conclusões de cada uma delas, é importante citar que, neste trabalho para o Bomb Defuser foi falho o isolamento dos componentes de apenas uma abordagem proposta por Flowers *et al.* . Por exemplo, a terceira abordagem, que interfere na comunicação, possui elementos que afetam em uma das mecânicas principais do jogo, o que é uma característica da primeira abordagem proposta por Flowers *et al.* .

As implicações deste fato possivelmente afetaram os resultados obtidos nesta pesquisa, de forma que, apesar das abordagens implementadas possuírem grande parte dos respectivos elementos, os resultados também são influenciados por outras abordagens. Isto deve ser levado em conta em possíveis reproduções deste trabalho. Além disso, é importante salientar que os resultados obtidos são válidos para o caso específico do jogo utilizado nesta pesquisa.

### 5.1 Primeira abordagem

A primeira abordagem, que modificava uma mecânica principal do jogo, se mostrou a abordagem que mais afetou os jogadores no jogo. Isto ocorreu provavelmente pelo fato de que foi a abordagem que mais atrapalhou os jogadores na resolução, visto que era muito difícil interagir com qualquer módulo da bomba quando os controles estavam tremendo.

Entretanto, esta abordagem demonstrou potencial no fator de controle emocional. Apesar do grande aumento de excitação inicial do jogador, os mesmos conseguiram controlar este aumento após este período inicial.

Portanto, esta abordagem é mais agressiva e agrega uma dificuldade maior ao jogo em que é implementada. Uma utilização recomendada seria em jogos com um desafio claro, como uma pontuação, tempo ou inimigos, por exemplo. Desta forma, esta dificuldade já seria agregada aos outros elementos de *game design* do jogo, que estão preparados para tal dificuldade. Ao mesmo tempo, este desafio servirá de estímulo para que o jogador consiga controlar seu estado emocional.

## 5.2 Segunda abordagem

A segunda abordagem, que modificava o ambiente do jogo, foi identificada como a abordagem que menos afetou os jogadores durante o jogo. Este fato pode ter ocorrido por conta do jogo escolhido para este estudo, Bomb Defuser, fazer o jogador focar muito mais em um objeto específico (maleta) do que no ambiente em si. Apesar disso, esta abordagem mostrou uma grande aptidão para controle emocional, sendo a melhor das três abordagens neste aspecto.

Mesmo a abordagem de fato atrapalhando a resolução da bomba, muitos jogadores não atentaram para o ambiente em que estavam. Ao final do experimento, alguns dos participantes disseram que não perceberam que estavam numa sala na Lua até o final do jogo, e isto fez com que estes jogadores fossem menos afetados, de certa forma, com os efeitos desta abordagem.

Com estes fatos, esta abordagem seria recomendada para jogos com foco maior no ambiente, como jogos de exploração, aventura, simuladores, entre outros. Desta forma, trazendo o foco do jogador ao ambiente, a efetividade desta abordagem seria muito maior. Além disso, o controle emocional é implementado de forma menos agressiva do que na primeira abordagem, o que pode ser um fator relevante dependendo do grupo de jogadores para qual um jogo estaria sendo feito.

## 5.3 Terceira abordagem

A terceira abordagem, que recompensava o jogador, afetou os jogadores de forma mediana. No entanto, foi a abordagem que teve o pior desempenho no controle emocional do jogador. Isto pode ter ocorrido pelo fato de que esta abordagem é muito difícil de ser implementada fora de seu gênero de origem, os *exergames*. Além disso, a falta da recompensa aos jogadores pode ter sido interpretada como uma punição: a falta não seria uma recompensa, mas sim a falta da fala seria uma punição.

Tendo em vista estes fatos, esta abordagem é recomendada para jogos em que o controle emocional não é o foco, mas sim algum outro dado fisiológico do jogador, como

batimentos cardíacos. Um exemplo deste tipo de jogos são os *exergames* [28], onde o jogador precisa atingir um certo estado fisiológico para obter uma recompensa. Neste tipo de jogo, esta abordagem pode ser aproveitada ao seu máximo.

## 5.4 Trabalhos futuros

Alguns trabalhos futuros que podem ser feitos em continuação deste são:

- Fazer um estudo quantitativo das três abordagens, para obter um comparativo entre a eficiência de cada uma delas. Para isso, cada abordagem deveria ser implementada em jogos em que teriam sua melhor utilização. Deste forma, seria possível medir o desempenho das três abordagens, e dizer qual delas é a melhor.
- Investigar a influência da tecnologia de realidade virtual nas abordagens. Este estudo não abordou a realidade virtual como fator de alteração no estado emocional do jogador, mas uma hipótese é que, por aumentar a imersão, a realidade virtual também aumente a variação do estado emocional do jogador. Para testar esta influência, um jogo de *biofeedback* poderia ser feito para ser jogado com e sem a tecnologia de RV. Uma pesquisa poderia ser feita nestes dois jogos, e depois uma análise poderia ser feita para dizer se a tecnologia de RV é relevante neste tipo de jogo.
- Adicionar uma linha de base a esta pesquisa, a fim de comparar a interferência das abordagens com um caso onde as mesmas não estejam presentes. Dessa forma, será possível afirmar com maior precisão a real interferência das abordagens.
- Utilizar a base de dados obtida nesta pesquisa para fazer novas análises relacionadas a outros elementos do jogo como erros do jogador, acertos por módulo, botões/fios que obtiveram mais erros/acertos, entre outros. Estas análises não foram feitas durante este trabalho por conta da restrição de tempo para terminá-lo.

# Referências

- [1] Sokhadze, Yi Li ; Adel S. Elmaghraby ; Ayman El Baz ; Estate M.: *Using physiological signal analysis to design affective vr games*. IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), 2015. x, 1, 6, 22
- [2] Yi Li, Adel S. Elmaghraby, Estate M. Sokhadze: *Designing immersive affective environments with biofeedback*. The 20th International Conference on Computer Games, 2015. x, 15, 16
- [3] Fernández-Aranda, Fernando, Susana Jiménez-Murcia, Juan J Santamaría, Katarina Gunnard, Antonio Soto, Elias Kalapanidas, Richard GA Bults, Costas Davarakis, Todor Ganchev, Roser Granero *et al.*: *Video games as a complementary therapy tool in mental disorders: Playmancer, a european multicentre study*. Journal of Mental Health, 21(4):364–374, 2012. 1
- [4] Chittaro, Luca e Riccardo Sioni: *Affective computing vs. affective placebo: Study of a biofeedback-controlled game for relaxation training*. International Journal of Human-Computer Studies, 72(8-9):663–673, 2014. 1, 8
- [5] Skulimowski, Stanisław e Marcin Badurowicz: *Wearable sensors as feedback method in virtual reality anti-stress therapy*. Em *2017 International Conference on Electromagnetic Devices and Processes in Environment Protection with Seminar Applications of Superconductors (ELMECO & AoS)*, páginas 1–4. IEEE, 2017. 1
- [6] João P. Costa, James Robb, Lennart E. Nacke: *Physiological acrophobia evaluation through in vivo exposure in a vr cave*. IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM), 2014. 1
- [7] Amores, Judith, Robert Richer, Nan Zhao, Pattie Maes e Bjoern M Eskofier: *Promoting relaxation using virtual reality, olfactory interfaces and wearable eeg*. Em *2018 IEEE 15th international conference on wearable and implantable body sensor networks (BSN)*, páginas 98–101. IEEE, 2018. 1, 9
- [8] Pausch, Randy, Dennis Proffitt e George Williams: *Quantifying immersion in virtual reality*. 1997. 1
- [9] A. Lobel, M. Gotsis, E. Reynolds M. Annetta R. Engels e I. Granic: *Designing and utilizing biofeedback games for emotion regulation: The case of nevermind*. IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), 2015. 1, 7, 10

- [10] Nacke, Lennart Erik, Michael Kalyn, Calvin Lough e Regan Lee Mandryk: *Biofeedback game design: using direct and indirect physiological control to enhance game interaction*. Em *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, páginas 103–112. ACM, 2011. 1, 4, 6
- [11] Flowers, B Adrian, Robert Tatoian, Ashley Witkowski, Natallia Katenka e Jean Yves Herve: *Using multi-sensor voting for resilience in vr biofeedback games*. Em *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)*, páginas 1–5. IEEE, 2018. 1, 2, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 18, 40
- [12] Cambria, Erik: *Affective computing and sentiment analysis*. IEEE Intelligent Systems, 31(2):102–107, 2016. 4
- [13] Otsuka, Seiya, Kanami Kurosaki e Mitsuhiro Ogawa: *Physiological measurements on a gaming virtual reality headset using photoplethysmography: A preliminary attempt at incorporating physiological measurement with gaming*. Em *TENCON 2017-2017 IEEE Region 10 Conference*, páginas 1251–1256. IEEE, 2017. 4
- [14] Boucsein, Wolfram: *Electrodermal activity*. Springer Science & Business Media, 2012. 4
- [15] Choi, Kwang Ho, Junbeom Kim, O Sang Kwon, Min Ji Kim, Yeon Hee Ryu e Ji Eun Park: *Is heart rate variability (hrv) an adequate tool for evaluating human emotions?—a focus on the use of the international affective picture system (iaps)*. *Psychiatry research*, 251:192–196, 2017. 5
- [16] L. C. De Silva, T. Miyasato, R. Nakatsu: *Facial emotion recognition using multi-modal information*. Em *International Conference on Information, Communications and Signal Processing(ICICS)*, páginas 397–401. IEEE, 1997. 5, 22
- [17] Nogueira, Pedro A, Rúben Aguiar, Rui Rodrigues e Eugénio Oliveira: *Designing players’ emotional reaction models: A generic method towards adaptive affective gaming*. Em *2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, páginas 1–6. IEEE, 2014. 5
- [18] P. J. Lang, M. M. Bradley e B. N. Cuthbert: *International affective picture system (iaps): Technical manual and affective ratings*. NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, 1997. 5
- [19] Shumailov, Ilia e Hatice Gunes: *Computational analysis of valence and arousal in virtual reality gaming using lower arm electromyograms*. Em *2017 Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, páginas 164–169. IEEE, 2017. 5
- [20] Gilleade, Kiel, Alan Dix e Jen Allanson: *Affective videogames and modes of affective gaming: assist me, challenge me, emote me*. DiGRA 2005: Changing Views–Worlds in Play., 2005. 6



- [21] Leahy, A, C Clayman, I Mason, G Lloyd e O Epstein: *Computerised biofeedback games: a new method for teaching stress management and its use in irritable bowel syndrome*. Journal of the Royal College of Physicians of London, 32(6):552–556, 1998. 6
- [22] Drachen, Anders, Magy Seif El-Nasr e Alessandro Canossa: *Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data*. Springer, 2013. 7
- [23] Elton S. Siqueira, Thiago A. A. Santos, Carla D. Castanho e Ricardo P. Jacobi: *Estimating player experience from arousal and valence using psychophysiological signals*. Em *XVII SBGames*, páginas 458–467. SBC, 2018. 7
- [24] Bauckhage, Christian, Anders Drachen e Rafet Sifa: *Clustering game behavior data*. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 7(3):266–278, 2014. 7
- [25] Fernandes, Lucas V, Carla D Castanho e Ricardo P Jacobi: *A survey on game analytics in massive multiplayer online games*. Em *2018 17th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*, páginas 21–2109. IEEE, 2018. 7
- [26] Bell, Corwin: *The journey to wild divine*. The Wild Divine Project: Las Vegas, NV, USA, 2003. 8
- [27] Amon, Krestina L e Andrew Campbell: *Can children with ad/hd learn relaxation and breathing techniques through biofeedback video games?*. Australian Journal of Educational & Developmental Psychology, 8:72–84, 2008. 8
- [28] Ketcheson, Mallory, Zi Ye e TC Graham: *Designing for exertion: how heart-rate power-ups increase physical activity in exergames*. Em *Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, páginas 79–89. ACM, 2015. 9, 42
- [29] Burdea, Grigore C e Philippe Coiffet: *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons, 2003. 9
- [30] Van Rooij, Marieke, Adam Lobel, Owen Harris, Niki Smit e Isabela Granic: *Deep: A biofeedback virtual reality game for children at-risk for anxiety*. Em *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, páginas 1989–1997. ACM, 2016. 10
- [31] Games, Steel Crate: *Manual do jogo keep talking and nobody explodes*. [http://www.bombmanual.com/manual/1/pdf/Bomb-Defusal-Manual\\_1.pdf](http://www.bombmanual.com/manual/1/pdf/Bomb-Defusal-Manual_1.pdf). Acessado em 18-06-2019. 13, 19
- [32] Soladié, Catherine, Hanan Salam, Catherine Pelachaud, Nicolas Stoiber e Renaud Séguier: *A multimodal fuzzy inference system using a continuous facial expression representation for emotion detection*. Em *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction*, páginas 493–500. ACM, 2012. 22

- [33] ddessy: *Página do github do asset realtimearousaldetectionusinggsr*. <https://github.com/ddessy/RealTimeArousalDetectionUsingGSR>. Acessado em 25-06-2019. 23
- [34] Hunter, J Stuart: *The exponentially weighted moving average*. Journal of quality technology, 18(4):203–210, 1986. 34

# Apêndice A

## Manual do jogo Bomb Defuser

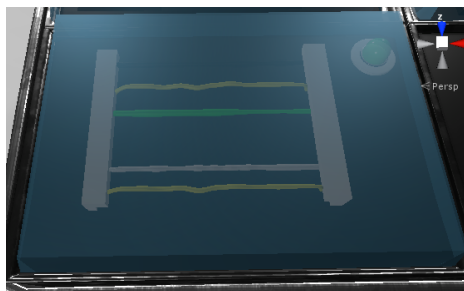
# Manual - Bomb Defuser

Este manual vai te instruir sobre o funcionamento da bomba, seus módulos e como desarmar cada um deles.

## Funcionamento da bomba

A bomba possui uma quantidade de módulos que pode variar de bomba para bomba. Para que a bomba seja desarmada, é necessário que todos os módulos sejam resolvidos.

Porém, os módulos não podem ser resolvidos em qualquer ordem. Apenas um módulo estará disponível para resolução de cada vez, enquanto os outros estarão cobertos por uma cobertura de plástico. Ao terminar de resolver um módulo, a cobertura de um dos outros módulos irá sumir, permitindo a resolução dele.



Cobertura do módulo. Não pode ser resolvido até a liberação através da resolução do módulo atual

A maleta da bomba possui espaço para até 8 módulos (4 na frente da maleta e 4 atrás da maleta). Os módulos podem aparecer em qualquer uma das posições, portanto se o desarmador não estiver encontrando o módulo que pode ser resolvido, peça para que ele olhe do outro lado da maleta.

## Timer



Este é o timer da bomba. O timer mostra 2 informações importantes: erros e tempo.

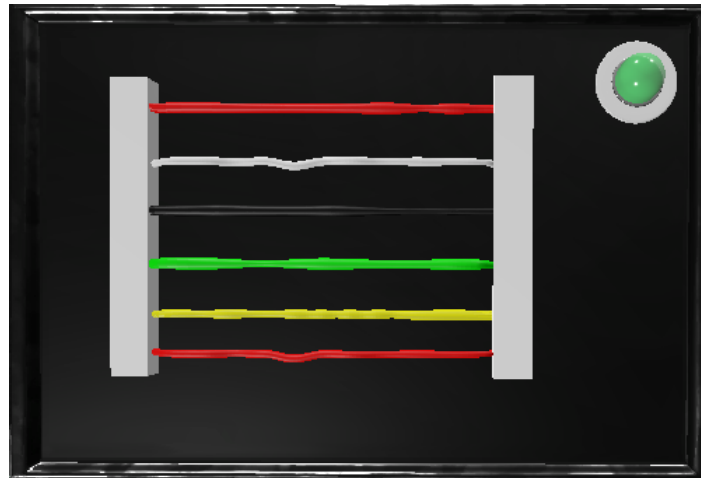
- **Erros:** A parte de cima marca a quantidade de erros cometidos pelo desarmador da bomba. Quanto mais erros são cometidos, mais rapidamente o tempo passa. Quando a quantidade de erros chegar em 3, a bomba explode.
- **Tempo:** A parte de baixo mostra o tempo restante para o desarme da bomba. Quando este tempo chegar em 0, a bomba explode.

## Relógio



Este é um relógio de alarme que foi deixado na sala da bomba, e parece não estar funcionando direito. De vez em quando, ele vai começar a tocar, e infelizmente alguém estragou o botão de parar o alarme! Então a única coisa que pode ser feita é ignorar o alarme e continuar desarmando a bomba.

# Módulo de Fios



Este módulo consiste em fios, que podem aparecer em quantidades de 3 a 6. O objetivo é cortar **apenas** o fio correto para o desarme do módulo.

A contagem de fios deve ser feita de cima para baixo.

Se um fio errado for cortado, isso não interfere na quantidade de fios da resolução, siga o procedimento para a mesma quantidade de fios de antes.

Segue abaixo a lista de procedimentos para cada quantidade de fios que o módulo pode possuir.

## • 3 fios:

- Se não houver fios vermelhos, corte o primeiro fio.
- Caso contrário, se o último fio for branco, corte-o.
- Caso contrário, se houver mais de um fio verde, corte o primeiro fio verde.
- Caso contrário, corte o segundo fio.

## • 4 fios:

- Se tiver mais de um fio amarelo e não houver nenhum fio verde, corte o último fio amarelo.
- Caso contrário, se o último fio for verde e houver no mínimo um fio preto, corte o primeiro fio.
- Caso contrário, se houver exatamente um fio branco, corte o segundo fio.
- Caso contrário, se o segundo fio for preto, corte este fio.
- Caso contrário, corte o terceiro fio.

## • 5 fios:

- Se o terceiro fio for verde e houver no máximo um fio vermelho, corte o quarto fio.
- Caso contrário, se tiver apenas um fio preto e existir dois ou mais fios brancos, corte o primeiro fio branco.
- Caso contrário, se não houver fios amarelos, corte o primeiro fio.
- Caso contrário, corte o último fio.

## • 6 fios:

- Se não houver fios pretos e houver apenas um fio amarelo entre os dois últimos fios, corte este fio amarelo.
- Caso contrário, se houver algum fio verde e o primeiro fio não for vermelho, corte o primeiro fio verde.
- Caso contrário, se não houver fios brancos, corte o terceiro fio.
- Caso contrário, corte o primeiro fio.

## Módulo de símbolos



Este módulo consiste em 4 botões com símbolos diferentes. Os botões devem ser pressionados pelo desarmador na ordem certa para o desarme do módulo.

O desarmador deve apertar os botões na ordem em que aparecem na lista abaixo, da esquerda para a direita:



## Apêndice B

### Roteiro do experimento e delineamento do jogo



## Roteiro do experimento

- **Apresentação e coleta da assinatura do termo de consentimento dos dois participantes**
  - Fala: “Olá! Vou fazer algumas explicações antes de começarmos o experimento. Vocês não serão avaliados de forma qualitativa com relação ao seu desempenho do jogo.”
  - Fala: “Sobre o jogo: vocês irão jogar um jogo em que vocês têm que trabalhar em conjunto para desarmar uma bomba. Um de vocês será o desarmador da bomba, porém não terá as informações necessárias para desarmar a bomba sozinho. Por isso, o segundo jogador, o especialista, terá em sua posse um manual, que possui os passos necessários para desarmar cada módulo da bomba. Entretanto, ele não conseguirá ver a bomba.”
  - Fala: “Para este experimento, o jogador a minha esquerda jogará como o desarmador e o jogador a minha direita jogará como o especialista.”
- Fala no caso do especialista querer jogar no VR: “Podemos fazer uma segunda sessão no final, onde vocês podem trocar as funções.” Nesta segunda sessão, não fazer a coleta dos dados pois .
  - Fala: “A comunicação de vocês será feita por meio deste microfone. \*APONTAR PARA MICROFONE\* O especialista deve falar apenas neste microfone. O desarmador ouvirá o especialista por dentro do jogo. Porém, o especialista ouvirá o desarmador normalmente pela fala. Agora, vou passar instruções específicas para cada um de vocês.”
  - Fala para o desarmador : “Como desarmador, seu dever é desarmar os módulos de acordo com as instruções do especialista. Escute muito bem às instruções passadas por ele. Eu irei colocar agora em você um sensor que irá medir seus sinais vitais. Estes sinais vitais serão utilizados dentro do jogo em tempo real, e você precisará controlá-los durante o jogo. Agora, assista esse tutorial. Ele irá explicar os controles do jogo. Após o tutorial, você irá ficar em um ambiente relaxante de 2 a 3 minutos, para que possamos coletar seus sinais vitais quando você está calmo.”
  - Oferecer lenços descartáveis para que o desarmador higienize o óculos VR antes de usar
  - **Mostrar vídeo tutorial do jogo + vídeo de relaxamento ao desarmador**
  - Fala para o especialista: “Como especialista, seu dever é passar as instruções de como resolver cada módulo para o desarmador. Utilize as informações do manual para descrever e resolver cada módulo.”
  - Final do vídeo
- **Iniciar o programa + teste de coleta**
  - Fala: “Com todas as as instruções passadas, podemos iniciar. Desarmador, quando estiver pronto, começaremos o jogo.”
  - Fala no caso de dúvidas: “Infelizmente, não posso tirar dúvidas durante o experimento. Façam tudo de acordo com as instruções que apareceram na tela ou que estão escritas no manual.”
  - Caso de dúvida em questão que usuário não percebeu a abordagem: “Responda que não afetou”;
  - Caso de duvida da questão de porcentagem: ajudar com o que for necessário
- **Final do jogo**
  - Fala: “Muito bem. Agora, respondam estas pesquisas de acordo com a experiência que tiveram durante o jogo.”
- **Rodar as pesquisas com os dois jogadores**
- **Fim do preenchimento**
  - Fala livre

## Delineamento do jogo

O delineamento do jogo se dará de forma que cada par de jogadores resolva cada módulo disponível no jogo (módulo de símbolos e módulo de fios) de acordo com cada abordagem a ser testada (mecânica, ambiente e recompensa). Portanto, cada cada par de jogador tentará resolver 6 módulos.

Como no estudo exploratório foi criada a hipótese de que o tempo é um fator que influencia nos jogadores durante o jogo, os módulos serão apresentados em 2 ordens diferentes, onde cada dupla de participantes fará os módulos na ordem que não foi apresentada à dupla anterior.

Assim, ao final do experimento, o número de sessões de jogo em cada ordem será praticamente igual.

Tempo inicial: 8 minutos

Quantidade de módulos: 6 módulos

Será necessário resolver um módulo para chegar ao próximo.

Cada ativação do alarme terá a duração de 10 segundos (reais).

Ordem dos módulos:

### **Ordem 1**

Módulo 1: Módulo símbolos

Características:

Símbolos: 1, 6, 5, 2

4

Módulo 2 : Módulo fio simples

Características:

4 fios

Fios: Amarelo, Preto, Branco, Branco

7

Módulo 3: Módulo símbolos

Características:

Símbolos: 4, 9, 3, 10

2

Módulo 4 : Módulo fio simples

Características:

5 fios

Fios: Preto, Amarelo, Verde, Branco, Amarelo

3

Módulo 5: Módulo símbolos

Características:

Símbolos: 7, 3, 9, 1

1

Módulo 6 : Módulo fio simples

Características:

6 fios

Fios: Branco, Verde, Amarelo, Verde, Preto, Branco

6

Eventos de ativação do alarme:

No módulo 1: após 20 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 2: após 30 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 3: após 15 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 4: após 20 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 5: após 15 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 6: após 10 segundos do início da resolução do módulo

### **Ordem 2**

Módulo 1 : Módulo fio simples

Características:

5 fios

Fios: Preto, Amarelo, Verde, Branco, Amarelo

Módulo na localização 3

Módulo 2: Módulo símbolos

Características:

Símbolos: 4, 9, 3, 10

Módulo na localização 2

Módulo 3 : Módulo fio simples

Características:

6 fios

Fios: Branco, Verde, Amarelo, Verde, Preto, Branco

Módulo na localização 6

Módulo 4: Módulo símbolos

Características:

Símbolos: 7, 3, 9, 1

Módulo na localização 1

Módulo 5 : Módulo fio simples

Características:

4 fios

Fios: Amarelo, Preto, Branco, Branco

Módulo na localização 7

Módulo 6: Módulo símbolos

Características:

Símbolos: 1, 6, 5, 2

Módulo na localização 4

Eventos de ativação do alarme:

No módulo 1: após 20 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 2: após 15 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 3: após 10 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 4: após 15 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 5: após 30 segundos do início da resolução do módulo

No módulo 6: após 20 segundos do início da resolução do módulo

O número de coletas propostas para esse experimento é de 30 coletas, pois em uma coleta só o jogador passa por todos os casos de teste, ainda que em ordens diferentes.

## Apêndice C

Questionário do experimento para o  
desarmador(jogador com o óculos de  
RV)

# Questionário pós-jogo - Bomb Defuser - Desarmador

\*Obrigatório

1. Qual é a sua idade? (digite apenas números) \*

---

2. Qual é o seu gênero? \*

Marcar apenas uma oval.

Homem

Mulher

Outro: \_\_\_\_\_

3. Qual é o seu nível de casualidade como jogador(a)? \*

Marcar apenas uma oval.

1      2      3      4      5

Casual                  Competitivo

4. O quão familiarizado(a) você está com jogos de puzzle (ex.: Portal, The Talos Principle)? \*

Marcar apenas uma oval.

1      2      3      4      5

Pouco familiarizado                  Muito familiarizado

5. O quão familiarizado(a) você está com jogos cooperativos(ex.: Left 4 Dead, Overcooked)? \*

Marcar apenas uma oval.

1      2      3      4      5

Pouco familiarizado                  Muito familiarizado

6. **Você já ouviu falar no jogo Keep Talking and Nobody Explodes? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim, já joguei
- Sim, já ouvi falar
- Não sei
- Não

7. **Responda esta pergunta apenas se a resposta da pergunta acima foi “Sim, já joguei”. Quantas horas, aproximadamente, você jogou este jogo? (digite apenas números)**

\_\_\_\_\_

8. **Você já utilizou jogos e/ou ambientes em realidade virtual(ex.: HTC Vive, Oculus Rift, Samsung Gear VR)? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

9. **Responda esta pergunta apenas se a resposta da pergunta acima foi “Sim”. Quantas vezes, aproximadamente, você já fez uso de jogos e/ou ambientes em realidade virtual? (digite apenas números)**

\_\_\_\_\_

10. **Você vivenciou algum desconforto decorrente do uso dos óculos VR durante a pesquisa? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

11. **Responda esta pergunta apenas se a resposta da pergunta acima foi “Sim”. Qual foi o tipo de desconforto causado pelo uso dos óculos VR durante a pesquisa?**

*Marcar apenas uma oval.*

- Ânsia / enjoo
- Tontura
- Outro: \_\_\_\_\_

12. **O quanto você acha que os momentos em que o alarme disparou afetaram seu estado emocional? \***

*Marcar apenas uma oval.*

1      2      3      4      5

Não afetou                        Afetou muito

13. **O quanto você acha que os momentos em que os controles tremeram afetaram seu estado emocional? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Não afetou	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Afetou muito

14. **O quanto você acha que os momentos em que as luzes piscaram afetaram seu estado emocional? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Não afetou	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Afetou muito

15. **O quanto você acha que os momentos em que a comunicação com o outro jogador falhou afetaram seu estado emocional? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Não afetou	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Afetou muito

16. **Marque o quanto cada fator a seguir influenciou seu estado emocional durante o jogo: ( 1 - não influenciou, 5 - influenciou muito) \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5
Tempo da bomba	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quantidade de módulos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quantidade de erros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sala virtual do jogo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sons do jogo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. **O quanto você foi afetado (emocionalmente) pelo estado emocional do jogador que estava com o manual (especialista)? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Não fui afetado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fui bastante afetado

18. **Você já conhecia a outra pessoa que jogou com você antes dessa pesquisa? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

## Questionário - parte 2

Distribua 100 pontos no total entre as respostas (atribua valores inteiros, cuja soma das respostas

terá sempre que ser igual a 100 pontos) .

Exemplo de resposta: caso 1 - 40; caso 2 - 25; caso 3 - 35 ->  $40 + 25 + 35 = 100$

Nos três casos abaixo, distribua 100 pontos conforme os casos em que você acha que conseguiu controlar melhor seu estado emocional para continuar desarmando a bomba.

19. **Quando o controle começou a tremer: \***

---

20. **Quando as luzes começaram a piscar: \***

---

21. **Quando a comunicação com o outro jogador começou a falhar: \***

---

---

Powered by





## Apêndice D

Questionário do experimento para o  
especialista(jogador com o manual)

# Questionário pós-jogo - Bomb Defuser - Especialista

\*Obrigatório

1. Qual é a sua idade? (digite apenas números) \*

---

2. Qual é o seu gênero? \*

Marcar apenas uma oval.

Homem

Mulher

Outro: \_\_\_\_\_

3. Qual é o seu nível de casualidade como jogador(a)? \*

Marcar apenas uma oval.

1      2      3      4      5

Casual                  Competitivo

4. O quão familiarizado(a) você está com jogos de puzzle (ex.: Portal, The Talos Principle)? \*

Marcar apenas uma oval.

1      2      3      4      5

Pouco familiarizado                  Muito familiarizado

5. O quão familiarizado(a) você está com jogos cooperativos(ex.: Left 4 Dead, Overcooked)? \*

Marcar apenas uma oval.

1      2      3      4      5

Pouco familiarizado                  Muito familiarizado

6. **Você já ouviu falar no jogo Keep Talking and Nobody Explodes? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim, já joguei
- Sim, já ouvi falar
- Não sei
- Não

7. **Responda esta pergunta apenas se a resposta da pergunta acima foi “Sim, já joguei”. Quantas horas, aproximadamente, você jogou este jogo? (digite apenas números)**

\_\_\_\_\_

8. **O quanto você foi afetado (emocionalmente) pelo estado emocional do jogador que estava desarmando a bomba (desarmador)? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Não fui afetado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fui bastante afetado

9. **Você percebeu em algum momento que um alarme começou a tocar na sala da bomba? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

10. **Responda esta pergunta apenas se a resposta da pergunta acima foi “Sim”. O quanto você acha que o(s) momento(s) em que o alarme disparou afetou seu estado emocional?**

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Não afetou	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Afetou muito

11. **Você percebeu em algum momento que os controles do desarmador tremeram? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

12. **Responda esta pergunta apenas se a resposta da pergunta acima foi “Sim”. O quanto você acha que o(s) momento(s) em que os controles tremeram afetou seu estado emocional?**

*Marcar apenas uma oval.*

1      2      3      4      5

---

Não afetou                  Afetou muito

---

13. **Você percebeu em algum momento que as luzes piscaram(apagaram e voltaram) na sala da bomba? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

14. **Responda esta pergunta apenas se a resposta da pergunta acima foi “Sim”. O quanto você acha que o(s) momento(s) em que as luzes piscaram afetou seu estado emocional?**

*Marcar apenas uma oval.*

1      2      3      4      5

---

Não afetou                  Afetou muito

---

15. **Você percebeu em algum momento que havia problemas na sua comunicação com o desarmador (problemas técnicos, falhas no canal de comunicação)? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

16. **Responda esta pergunta apenas se a resposta da pergunta acima foi “Sim”. O quanto você acha que o(s) momento(s) em que a comunicação com o outro jogador começou a falhar afetou seu estado emocional?**

*Marcar apenas uma oval.*

1      2      3      4      5

---

Não afetou                  Afetou muito

---

17. **Você já conhecia a outra pessoa que jogou com você antes dessa pesquisa? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

# Anexo I

## Classes estáticas para armazenamento dos dados de sessão de jogo

```
//Classes para o JSON
```

```
[Serializable]
public class ProcessedData
{
    public float time;
    public float rawGAL;
    public float processedGAL;
    public float tonic;
    public float phasic;

    public ProcessedData(float time, float rawGAL, float processedGAL, float tonic,
float phasic)
    {
        this.time = time;
        this.rawGAL = rawGAL;
        this.processedGAL = processedGAL;
        this.tonic = tonic;
        this.phasic = phasic;
    }
}
```

```

[Serializable]
public class RelaxedData
{
    public SignalDataByTime[] sampledGSR;
    public float relaxedGAL;
    public float startTime;
    public int ordemExperimento;

    public RelaxedData(SignalDataByTime[] sampledGSR, float relaxedGAL, float startTime)
    {
        this.sampledGSR = sampledGSR;
        this.relaxedGAL = relaxedGAL;
        this.startTime = startTime;
    }
}

```

```

[Serializable]
public class Module
{
    public float startTime;
    public float endTime;
    public int type;
    //1 - Símbolos, 2 - Fio Simples
    public Mistake[] mistakes;
    public Success[] successes;
}

```

```

[Serializable]
public class Success
{
    public int entityIndex;
    public float time;

    public Success(int entityIndex, float time)
    {
        this.entityIndex = entityIndex;
        this.time = time;
    }
}

```

```

[Serializable]
public class Mistake
{
    //Não precisa referenciar módulo pai pois já está dentro da sua classe

    //Entidade - generalização de fio/símbolo, para usar a mesma classe para ambos
    public int triedEntityIndex;
    public int rightEntityIndex;
    public float time;

    public Mistake(int triedEntityIndex, int rightEntityIndex, float time)
    {
        this.triedEntityIndex = triedEntityIndex;
        this.rightEntityIndex = rightEntityIndex;
        this.time = time;
    }
}

[Serializable]
public class Alarm
{
    public float startTime;
    //Não precisa de end time porque o tempo de duração do alarme é fixo(10s reais)
    public int abordagem;

    public Alarm(float startTime, int abordagem)
    {
        this.startTime = startTime;
        this.abordagem = abordagem;
    }
    //1 - controle, 2 - luzes, 3 - comunicação

}

[Serializable]
public class FinalData
{
    public bool vitoria;
    //True - vitória, False - derrota

```

```

public float time;
public int numberMistakes;

public FinalData(bool vitoria, float time, int numberMistakes)
{
    this.vitoria = vitoria;
    this.time = time;
    this.numberMistakes = numberMistakes;
}
}

[Serializable]
public class Player
{
    public int playerID;
    public RelaxedData relaxedData;
    public ProcessedData[] processedData;
    public GSR[] gsr;
    public Module[] modules;
    public Alarm[] alarms;
    public FinalData finalData;

    public Player(int _playerID)
    {
        playerID = _playerID;
    }
}
}

```