



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Artes e Letras

***Biofeedback* e Resposta Emocional em Game Design**

**Uso da Psicofisiologia para Balanceamento
Automático e Imersão do Jogador
Versão Final Após Defesa**

Willyan Schultz Dworak

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Design e Desenvolvimento de Jogos Digitais
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor Ernesto Villar Filgueiras
Co-orientador: Professor Doutor João Valente

Covilhã, Junho de 2020

Dedicatória

Ao meu pai Adão Arcides Dworak que foi uma das primeiras pessoas a me apoiar no início dessa jornada, infelizmente não pode estar aqui para vê-la finalizada, mas certamente de onde estiver vai estar se sentindo orgulhoso.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, independente de crença religiosa, que como Arquiteto do Universo sempre me permite acesso à Matriz do Conhecimento, onde posso buscar ideias e soluções para minha vida sempre que preciso.

A todos da minha família que sempre estiveram presentes na minha vida, em especial ao meu pai Adão Arcides Dworak que sempre me incentivou a estudar e buscar por conhecimento, nos deixou cedo, mas durante o tempo que passamos juntos me ensinou muitas coisas como “Seja sempre o melhor no que estiver fazendo”, “Conhecimento não ocupa espaço, então aprenda de tudo” e também me fez entender que não importa de onde você vem e sim aonde você quer chegar. À minha mãe Olga dos Santos Schultz Dworak que também sempre fez tudo que era possível e mais um pouco por mim e que até nos dias de hoje ainda se preocupa em saber como estou, sempre me incentivando a finalizar os projetos que eu inicio. À minha irmã Elaine Schultz Dworak, que sempre está ao meu lado, me motivando, apoiando e ajudando em todas as decisões que tomo em minha vida. Uma pessoa que sempre posso contar.

À minha amada esposa Dayane Anderção Gomes, que independentemente da situação, sejam nos dias bons ou nas adversidades da vida está sempre comigo, me apoiando, me orientando, me ajudando a escolher os melhores caminhos a seguir e também me ajudando a ver as coisas com mais profundidade e atenção aos detalhes. Quando me conheceu não imaginava que hoje estaria vivendo aventuras do outro lado do oceano. Obrigado meu amor por estar sempre ao meu lado indo para onde eu vou.

Aos meus tios Armando Cesar Dworak e Sonia de Oliveira Dworak, que lá no passado, mesmo com poucas condições foram as pessoas que mais me ajudaram a chegar onde estou hoje. O período que passei com vocês foi muito importante e vou lembrar disso por toda minha vida, assim como estarei sempre a disposição quando precisarem de mim.

À minha tia Salete dos Santos Schultz, que nunca mediu esforços para me ajudar e durante anos me ofereceu sua casa, carinho, paciência, bons conselhos e que também me apoiou nessa nova jornada da minha vida.

Aos meus orientadores, professor doutor Ernesto Vilar Filgueiras que durante todo esse período de pesquisas esteve presente, auxiliando com seus conhecimentos e me mostrando que sempre é possível melhorar. E professor doutor João Valente, que além de toda orientação prestada durante esse período, também abriu as portas de sua empresa, onde eu pude desfrutar de todos os seus equipamentos e de seus conhecimentos na área de neuromarketing e biossensores.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Ao meu antigo orientador, professor doutor Igor Scaliante Wiese, que também foi uma peça fundamental na minha vida. Graças ao seu incentivo e empenho lá no passado, me ajudou a concluir meu curso que abriu as portas para o futuro, além de sempre me orientar todas as vezes que precisei de sua ajuda.

Aos meus colegas de curso, em especial e em ordem alfabética porque todos possuem a mesma importância, Ezio Alves Ferreira Filho, Ivan Paz, João Caseiro, Mafalda Claro e Victor Andrade. Pessoas que sempre pude contar e que estiveram presentes em todas as situações, sejam nos dias de tomar uma cerveja para comemorar alguma coisa ou nas noites em claro para finalizar algum projeto, muito obrigado por terem se tornado meus amigos.

Agradeço também a todas as consciências que ao longo da vida me indicaram caminhos, alternativas e criatividade, independente de serem de frequências sutis ou simplesmente de realidades paralelas à esse Universo, mas estão sempre presentes.

Enfim, agradeço a todos que de qualquer forma tenham me ajudado ao longo da vida, que tenham me ensinado alguma coisa e até mesmo aos que não acreditavam em mim. Todas essas pessoas e situações fazem parte da minha vida e me fizeram chegar até aqui e continuar sempre firme em busca de novas realizações.

Resumo

Atualmente o desenvolvimento de hardware vem superando as necessidades dos videogames, com isso os videogames atuais conseguem ter um aspecto visual cinematográfico, mas não tem evoluído muito além de oferecem suporte de grandes resoluções e taxas de atualização acima dos 60Hz, chegando ao ponto de novos lançamentos simplesmente não apresentarem muitas novidades ao público.

O sucesso é, de maneira geral, o objetivo das empresas ao desenvolverem um videogame. Alguns estudos como o de de Byl (2015) mostram que o sucesso dos videogames está relacionado com as emoções individuais. Baseando-se nessas informações foram definidos dois problemas de estudo que guiaram essa pesquisa. O primeiro, onde se observou que os videogames não possuem uma componente automática que os ajudem a manter os jogadores motivados e envolvidos emocionalmente e o segundo em que foi analisado que os videogames não são capazes de fazer um balanceamento personalizado, de forma a apresentarem uma experiência única para cada jogador.

Essa motivação levou a buscar uma maneira de inovar os videogames utilizando o estado emocional dos jogadores para criar alterações nas mecânicas de jogo e na forma como a narrativa é apresentada. Para isso, nessa dissertação é apresentado um modelo de como a utilização do *biofeedback* pode ser aproveitada para a criação de videogames afetivos, onde através da leitura de sensores fisiológicos, o jogo seja capaz de detectar a emoção do jogador e poder ser capaz de se adaptar para alterar o estado emocional do jogador e mantê-lo em um nível de imersão e entretenimento maior.

Para a realização dos experimentos foi utilizado uma versão de código livre do Pac-Man, um videogame transgeracional e com uma mecânica simples. Foram realizadas algumas alterações no código para que fosse possível realizar a coleta dos dados do jogo e durante o desenvolvimento desse estudo foram realizadas duas etapas de experimentos.

Os experimentos consistiram em voluntários jogarem o Pac-Man e durante o tempo em que jogavam, seus dados fisiológicos eram coletados através de biossensores e ao mesmo tempo também eram coletados os dados das variáveis do jogo.

Na primeira etapa dos experimentos o objetivo foi produzir material suficiente para que fosse possível observar os padrões básicos de comportamento nas curvas dos biossensores, para isso foram alteradas algumas variáveis de jogo manualmente entre uma fase e outra para que fosse possível fazer uma análise desses dados e então buscar padrões de comportamento.

Enquanto na segunda etapa dos experimentos foi buscando aplicar o conhecimento adquirido com as análises, utilizando o *biofeedback* para auxiliar no balanceamento do jogo. Nessa etapa o jogador jogava a primeira fase configurada manualmente e as próximas eram geradas por um sistema de predição de níveis, que fazia uma análise do desempenho do jogador e comparava com os dados fisiológicos e então gerava a configuração da próxima fase do jogo.

A utilização dos dados de desempenho do jogador durante a fase jogada sendo comparados com os dados fisiológicos ajudou a resolver um dos atuais problemas relacionados à interpretação das emoções. Com essa informação é possível entender o que causou um disparo emocional no jogador, isso porque mesmo conseguindo identificar um padrão nos dados dos biossensores e associa-los a uma emoção, se não for possível saber o que a causou, pode não ajudar no balanceamento do videogame. Isso porque se ao analisar os dados dos biossensores e a emoção extraída dos dados foi medo, primeiro deve-se olhar para o contexto do jogo, pois se a pessoa está jogando um videogame de terror, é esperado que ela sinta medo, porque é isso que vai ajudar a mantê-la motivada a jogar, mas se ao invés disso apenas for levado em consideração as escalas de emoções, vai ser encontrado que medo é uma emoção negativa e que isso deve ser alterado.

Assim, o que foi observado ao longo dessa pesquisa é que é possível aumentar o envolvimento e a atenção dos jogadores se o jogo se adaptar ao estado emocional da pessoa e a principal constatação foi que além de buscar padrões apenas nos dados dos biossensores é necessário buscar o contexto da emoção encontrada nos dados do videogame. Mas o que deve ser observado é a necessidade de pesquisas em diversas áreas, principalmente em inteligência artificial para auxiliar no reconhecimento de emoções e no aprimoramento dos biossensores para evitar a saturação dos dados.

Palavras-chave

Biofeedback, Videogames Adaptativos, Videogames Afetivos, Detecção de Emoção, Game Design Evolutivo

Abstract

Nowadays, the development of hardware is exceeding the need of videogames, and with that, the videogames could technically achieve a visual aspect similar to the visual achieved in movies. However, this feature is not achieving this evolution yet, and videogames are only limited to offer higher resolutions and refreshment rates above the 60Hz, with few surprises to the public in new releases.

Success is, in general, the goal of companies to develop a video game. Some studies like de de Byl (2015) show that the success of video games is related to individual emotions. Based on this information, two study problems were defined that guided this research. The first, where it was observed that videogames do not have an automatic component that helps them keep players motivated and emotionally involved and the second where it was analyzed that videogames are not capable of custom balancing to present an experience unique to each player.

This motivation led to finding a way to innovate videogames by using the emotional state of the players to create changes in the game mechanics and the way the narrative is presented. For this, this dissertation presents a model of how the use of biofeedback can be used for the creation of affective video games, where through the reading of physiological sensors, the game is able to detect the player's emotion and be able to adapt to change the emotional state of the player and keep them at a higher level of immersion and entertainment.

For the experiments was used an open-source version of Pac-Man, and a cross-generation video game with simple mechanics. Some changes were made to the code so that it was possible to collect the game data and during the development of this study two stages of experiments were performed.

The experiments consisted of volunteers playing Pac-Man and during the time they played, their physiological data were collected through biosensors and at the same time the data of the game variables were also collected.

In the first stage of the experiments, the objective was to produce enough material to observe the basic behavioural patterns in the biosensor curves. To do so, some game variables were manually changed between phases, so that it was possible to make an analysis of these data. so look for patterns of behaviour.

While in the second stage of the experiments was trying to apply the knowledge acquired with the analysis, using biofeedback to help balance the game. At this stage, the player played the first manually configured phase and the next were generated by a level prediction system,

which made an analysis of the player's performance and compared with the physiological data and then generated the configuration of the next phase of the game.

Using player performance data during the play phase compared to physiological data has helped to solve one of the current problems related to the interpretation of emotions. With this information, it was possible to understand what caused an emotional trigger in the player, because even if can identify a pattern in the biosensors data and associate them with an emotion if it is not possible to know what caused it, may not help in balancing the video game. This is because if when analyzing biosensor data and the emotion extracted from the data was fear, one must first look at the context of the game, because if one is playing a horror video game, one is expected to be afraid, because that is which will help keep her motivated to play, but if only the scales of emotions are taken into account, it will be found that fear is a negative emotion and that it must be changed.

Thus, what was observed throughout this research is that it is possible to increase the involvement and attention of players if the game adapts to the emotional state of the person and the main finding was that in addition to seeking patterns only in the biosensors data is necessary to seek the context of the emotion found in the video game data. But what should be noted is the need for research in various areas, especially artificial intelligence to aid in the recognition of emotions and enhancement of biosensors to avoid data saturation.

Keywords

Biofeedback, Adaptative Videogames , Affective Videogames, Emotion Detection, Evolving Game Design

Conteúdo

Dedicatória	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Conteúdo	xi
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xix
Lista de Acrônimos	xxi
1 Introdução	1
1.1 Problema de Estudo	2
1.2 Análise e Questões de Estudo	4
1.3 Contribuições para o Futuro	6
1.4 Definições Iniciais e Estruturação da Dissertação	6
1.5 Considerações Sobre o Capítulo	9
2 Estado da Arte	11
2.1 Estado da Arte sobre <i>Biofeedback</i> e Biossensores	11
2.2 Modelos de Representação das Emoções	13
2.2.1 Russell's Circumplex Model of Affect	14
2.2.2 Roda de Emoções de Plutchik	15
2.2.3 Self-Assessment Manikin (SAM)	16
2.2.4 PrEmo	17
2.3 <i>Biofeedback</i>	19
2.3.1 Pesquisas Realizadas Sobre a Utilização do <i>Biofeedback</i>	19
2.3.2 <i>Biofeedback</i> em Videojogos	22
2.4 Biossensores	23
2.4.1 Sensor de Respiração (<i>Respiration Sensor</i>)	24
2.4.2 Sensor de Volume de Pulso Sanguíneo (<i>Blood Volume Pulse</i> - BVP) ou Sensor de Fotopletismografia (<i>Photoplethysmogram</i> - PPG)	25
2.4.3 Sensor de Eletrocardiografia (<i>Electrocardiography</i> - ECG)	26
2.4.4 Sensor de Atividade Eletrodérmica (<i>Electrodermal Activity</i> - EDA)	27
2.4.5 Biossensores Utilizados na Pesquisa	28

2.5	Plataforma BrainAnswer	29
2.6	Ferramentas Utilizadas	31
2.6.1	Bitalino	31
2.6.2	Unity 3D Game Engine	31
2.6.3	Microsoft Power BI e Sistema de Business Intelligence	32
2.7	Considerações Sobre o Capítulo	33
3	Metodologia do Estudo de Campo	35
3.1	Estágio e Capacitação na BrainAnswer	35
3.2	Construção do Experimento	36
3.3	Experimento Piloto	39
3.4	Análise do Experimento Piloto	39
3.5	Criação dos Relatórios e Gráficos do Experimento Piloto	41
3.6	Processo de Utilização de <i>Biofeedback</i> no Pac Man	42
3.7	Reformulação do Experimento	44
3.8	Experimentos 01 e 02: Utilizando <i>Biofeedback</i> para Alterar Mecânicas de Game Design	45
3.9	Análises dos Experimentos 01 e 02	46
3.10	Considerações Sobre o Capítulo	47
4	Recolha de Dados e Estudo de Campo	49
4.1	Definição de um Videojogo para o Estudo	50
4.1.1	Mecânica de Funcionamento do Pac-Man	51
4.1.2	Por que o Pac-Man?	54
4.1.3	Modificações Necessárias	54
4.1.4	Definição das Variáveis de Jogo	55
4.1.5	Experimentos com o Jogo do Pac-Man	56
4.1.6	Primeira Etapa	56
4.1.7	Processo de Coleta de Logs	60
4.2	JPacManLogSynchronizer - Sistema de Sincronização e Predição de Níveis	61
4.2.1	Sincronização dos Logs	61
4.2.2	Predição dos Níveis de Dificuldade	62
4.3	Projeto Prático de <i>Biofeedback</i> Emocional na Evolução do Game Design	62
4.3.1	Definição das Variáveis de Controle	63
4.3.2	Lógica Utilizada para a Definição dos Níveis	69
4.3.3	Automatização do Processo de Criação do Próximo Nível de Dificuldade para o Jogo Pac-Man	72
4.4	Estação de Recolha	73
4.5	Procedimentos para Coleta de Dados	74
4.6	Logística para Transporte da Estação de Coleta de Dados	77

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

4.7	Amostra	78
4.8	Considerações Sobre o Capítulo	79
5	Protocolo do Experimento - Recolha de Dados Utilizando a Plataforma BrainAnswer	81
5.1	Aquisição dos Dados	81
5.2	Protocolo para Aquisição dos Dados	82
5.3	Modelo de Coleta dos Dados	82
5.3.1	Primeira Etapa: Experimento Piloto	83
5.3.2	Segunda Etapa: Experimentos 01 e 02	85
5.4	Modelo Utilizado para a Coleta de Dados Referentes às Emoções dos Jogadores .	87
5.4.1	Processo de Autoavaliação das Emoções na Primeira Etapa: Experimento Piloto	87
5.4.2	Processo de Autoavaliação das Emoções na Primeira Etapa: Experimentos 01 e 02	88
5.5	Considerações Sobre o Capítulo	92
6	Discussão e Análise dos Dados	95
6.1	Pesquisa por Padrões de Comportamento	95
6.1.1	Análise do Comportamento das Curvas de EDA	96
6.1.2	Análise de Gameplay e Biossensores Utilizando a Plataforma BrainAnswer .	98
6.1.3	Análise da Autoavaliação dos Voluntários Baseada nas Escalas de Emoções	101
6.2	Procedimento para Validação da Escala PrEmo	104
6.3	Avaliação do Resultado da Escala PrEmo	106
6.4	Discussão dos Estudos	110
6.5	Introdução das Questões de Pesquisa	110
6.6	Respostas Para as Questões de Pesquisa	111
6.7	Considerações Sobre o Capítulo	134
7	Conclusão e Considerações Finais	135
7.1	Estudos e Projetos Futuros	138
7.1.1	Melhorias Aplicáveis ao Modelo Atual	138
7.1.2	Criação de um Produto/Serviço Comercialmente Viável	139

Lista de Figuras

1.1	Organograma da Dissertação	7
2.1	Fluxo de trabalho durante o Estado da Arte	12
2.2	Russell's Circumplex Model of Affect 1980	14
2.3	Russell's Circumplex Model of Affect 2005	15
2.4	Roda de Emoções de Plutchik	16
2.5	Self-Assessment Manikin (SAM)	17
2.6	Escala de Emoções PrEmo	18
2.7	Sensor de Respiração	24
2.8	Sensor de Volume de Pulso Sanguíneo (BVP)	25
2.9	Sensor de Eletrocardiografia (ECG)	26
2.10	Sensor de Atividade Eletrodérmica (EDA)	27
2.11	Exemplo de visualização dos dados na plataforma BrainAnswer	30
2.12	Placa de aquisição de biossinais Bitalino.	31
2.13	Exemplo de dashboard criada no Power Bi com aplicação de filtro.	32
3.1	Processo de Construção do Experimento	37
3.2	Processo de Análise do Experimento Piloto	40
3.3	Fluxograma para Criação dos Relatórios e Gráficos do Experimento Piloto	41
3.4	Processo de Utilização de <i>Biofeedback</i> no Pac Man	43
3.5	Processo de Reformulação do Experimento	44
3.6	Processo de Análises dos Experimentos 01 e 02	46
4.1	Interface gráfica do jogo utilizado nos testes	51
4.2	Lógica da IA do fantasma vermelho (Blinky) no jogo Pac-Man	52
4.3	Lógica da IA do fantasma rosa (Pinky) no jogo Pac-Man	52
4.4	Lógica da IA do fantasma ciano (Inky) no jogo Pac-Man	53
4.5	Lógica da IA do fantasma amarelo (Clyde) no jogo Pac-Man	53
4.6	Fluxo de Atividades Durante os Experimentos com o Jogo do Pac-Man: Primeira Etapa	57
4.7	Fluxo de Atividades Durante os Experimentos com o Jogo do Pac-Man: Segunda Etapa	59
4.8	Exemplo dos cálculos para a curva de EDA	65
4.9	Fluxograma de atividades necessárias para coleta de dados	75
4.10	Voluntária em uma das estações de coletas de dados participando do experimento	76
4.11	Perfil dos jogadores que participaram do estudo	78
5.1	Processo Realizado no Protocolo BrainAnswer Versão 1 para Recolha dos Dados	84

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

5.2	Processo Realizado no Protocolo BrainAnswer Versão 2 para Recolha dos Dados . . .	86
5.3	Processo de Autoavaliação das Emoções na Primeira Etapa: Experimento Piloto . . .	88
5.4	Processo de Autoavaliação das Emoções na Primeira Etapa: Experimentos 01 e 02 . . .	89
5.5	Formulário para avaliação do Estado Emocional utilizando a escala PrEmo	90
5.6	Formulário para avaliação do Nível de Excitação utilizando a escala SAM	90
5.7	Formulário para avaliação do Nível de Domínio utilizando a escala SAM	91
5.8	Formulário para avaliação do Nível de Satisfação utilizando a escala SAM	92
6.1	Gráfico piloto para análise do comportamento da curva de EDA em relação a eventos do jogo	96
6.2	Usando a Plataforma BrainAnswer para Análise de Gameplay e Biossensores	98
6.3	Lista de Coletas de um Experimento Exibida na Plataforma BrainAnswer	99
6.4	Modelo de Gráfico para Avaliação do Estado Emocional dos Voluntários	102
6.5	Modelo de Gráfico para Avaliação do Nível de Satisfação dos Voluntários	103
6.6	Modelo de Gráfico para Avaliação do Nível de Excitação dos Voluntários	103
6.7	Modelo de Gráfico para Avaliação do Nível de Domínio dos Voluntários	104
6.8	Processo de Avaliação dos Clubes de Futebol Utilizando a Escala PrEmo	105
6.9	Avaliação das equipas de futebol pelos jogadores do estudo	106
6.10	Avaliação feita pelos adeptos do Benfica para o Benfica	107
6.11	Avaliação feita pelos adeptos do Sporting para o Sporting	107
6.12	Avaliação feita pelos adeptos do Porto para o Porto	108
6.13	Avaliações dos adeptos de Outras Equipas	108
6.14	Avaliações dos jogadores que não gostam de futebol	109
6.15	Variação do estado emocional dos jogadores ao longo das fases jogadas	112
6.16	Avaliações dos jogadores sobre seu estado emocional no jogo X0	113
6.17	Avaliações dos jogadores sobre seu estado emocional no jogo X1	114
6.18	Avaliações dos jogadores sobre seu estado emocional no jogo X2	115
6.19	Avaliações dos jogadores sobre seu estado emocional ao final do teste	116
6.20	Variação da excitação dos jogadores ao longo das fases jogadas	117
6.21	Avaliações dos jogadores sobre sua excitação no jogo X0	118
6.22	Avaliações dos jogadores sobre sua excitação no jogo X1	119
6.23	Avaliações dos jogadores sobre sua excitação no jogo X1	120
6.24	Avaliações dos jogadores sobre sua excitação ao final do teste	121
6.25	Variação da satisfação dos jogadores ao longo das fases jogadas	122
6.26	Avaliações dos jogadores sobre sua satisfação no jogo X0	123
6.27	Avaliações dos jogadores sobre sua satisfação no jogo X1	123
6.28	Avaliações dos jogadores sobre sua satisfação no jogo X2	124
6.29	Avaliações dos jogadores sobre sua satisfação ao final do teste	125
6.30	Variação do domínio dos jogadores ao longo das fases jogadas	126

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

6.31 Avaliações dos jogadores sobre seu domínio de jogo no jogo X0	127
6.32 Avaliações dos jogadores sobre seu domínio de jogo no jogo X1	127
6.33 Avaliações dos jogadores sobre seu domínio de jogo no jogo X2	128
6.34 Avaliações dos jogadores sobre seu domínio de jogo ao final do teste	129
6.35 Comportamento das curvas de Frequência Cardíaca e EDA em jogadores excitados com o desafio	131
6.36 Comportamento das curvas de Frequência Cardíaca e EDA em jogadores com difi- culdades em finalizar a fase	132
6.37 Padrão da curva de EDA em jogadores que perdem o interesse pelo jogo	133

Lista de Tabelas

2.1	Interpretação das emoções baseadas na escala PrEmo	18
2.2	Interpretação dos tipos de respiração	24
2.3	Interpretação dos Sensores BVP/PPG	25
4.1	Significado das variáveis da sequência binária	69
4.2	Exemplo de uma possível sequência binária	70
4.3	Tabela verdade com as definições de nível por sequência binária	71
4.4	Funções de simplificação de circuito para cada nível de dificuldade	72
4.5	Valores das variáveis para cada nível de dificuldade	73
6.1	Questões de pesquisa para avaliação do uso de <i>biofeedback</i> em videogames.	111
6.2	Identificação das emoções na escala PrEmo	111
6.3	Valores de <i>p-value</i> para os comparativos entre jogos na escala PrEmo	112
6.4	Valores de <i>p-value</i> para os comparativos entre jogos na escala SAM - Arousal	117
6.5	Valores de <i>p-value</i> para os comparativos entre jogos na escala SAM - Pleasure	122
6.6	Valores de <i>p-value</i> para os comparativos entre jogos na escala SAM - Dominance	126

Lista de Acrônimos

AAPB	Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
BI	Business Intelligence
BVP	Blood Volume Pulse
ECG	Electrocardiography
EDA	Sensor de Atividade Eletrodermal
EEG	Electroencephalography
EMG	Electromyography
GSR	Galvanic Skin Response
HR	Heart Rate
HRV	Heart Rate Variability
IA	Inteligência Artificial
IBI	Intervalos Inter-Batimentos Cardíacos
IPCB	Instituto Politécnico de Castelo Branco
PPG	Photoplethysmogram
SC	Skin Conductance
SCR	Skin Conductance Response
UBI	Universidade da Beira Interior
UX	User Experience
VR	Virtual Reality

Capítulo 1

Introdução

A maneira de projetar videogames vem sofrendo grandes mudanças com o cenário atual. Há alguns anos atrás, como o poder de processamento dos hardwares era muito limitado, os videogames focavam-se apenas em oferecer algum tipo de disputa ao utilizador e só podiam oferecer gráficos e mecânicas simples (PCGamesN, 2019). Comparados com os jogos atuais, eram mais difíceis de serem jogados, porque nesses jogos normalmente tudo pode levar o personagem a morte e de modo geral não tinham uma narrativa explícita (PCGamesN, 2019).

O balanceamento nos videogames existe para controlar a dificuldade que o jogador irá encontrar, evitando assim a desistência e ao mesmo tempo procurando manter o interesse do jogador pelo maior tempo possível (Koster, 2004). Esse controle é feito através da alteração de diversos elementos do videogame, como cenários, músicas, comportamentos da inteligência artificial e parâmetros como a resistência do personagem a danos, entre vários outros itens.

Agora, com alto poder de processamento das placas gráficas os videogames estão com gráficos cada vez mais próximos da realidade, contam com narrativas que em alguns casos tornam-se filmes, mas ainda assim, acabam por vezes em serem apenas mais um jogo dentre tantos e não oferecem o entretenimento esperado pelos jogadores.

Outro ponto que vale ser observado é que com o grande volume de informação que as pessoas têm a sua disposição, criar uma mídia que seja capaz de manter a atenção das pessoas vem se tornando uma tarefa árdua. Com isso, além da concorrência que as empresas de criação de videogames têm entre si, procurando ampliar seu *Market Share*, também enfrentam a concorrência da internet, que oferece às pessoas, vídeos e redes sociais para disputar seu tempo com os jogos.

Isso faz com que essas empresas tenham a necessidade de procurar formas de como desenvolver um videogame que apresente características que sejam capazes de oferecer entretenimento e imersão para o maior número de pessoas sem as dividir em grupos, como por exemplo, jogadores profissionais e jogadores casuais, ou seja, procurar uma forma de como fazer um videogame que possa ser jogado por qualquer pessoa e essa, por sua vez, ter a sensação de que recebeu um videogame criado sob medida.

Os videogames estão começando a incorporar mecanismos de jogo adaptativos, que ao contrário

do modelo tradicional que é linear e sempre será apresentado da mesma forma para todos os jogadores, os jogos adaptativos evoluem o game design de acordo com o jogador e com isso podem oferecer uma experiência de jogo única para cada pessoa (Gilleade and Dix, 2004).

Atualmente, em alguns videogames, o jogador tem a falsa sensação de estar escolhendo o futuro da narrativa ao fazer escolhas de qual caminho tomar. Isso pode aumentar o envolvimento e a imersão dos jogadores, mas mesmo assim não garante que o jogador não se sinta entediado durante determinados pontos do jogo. Isso porque pode acontecer de o jogo estar mal balanceado e em alguns momentos ser muito difícil passar por uma fase enquanto em outros momentos não se tenha muito a fazer além de andar pelo cenário sem nenhuma resistência.

Com isso, essa pesquisa procura analisar como utilizar a emoção dos jogadores nos videogames, usando-as como parâmetros de entrada para utilização nas tomadas de decisões para a evolução do game design. Vale ressaltar que um jogo pode ser adaptativo apenas utilizando IA (Inteligência Artificial) para aprender com o jogador utilizando técnicas de *Machine Learning* (Langley, 1997) e fazer alterações, sem precisar saber da sua emoção, mas o foco aqui é acrescentar a emoção na equação.

Na próxima seção são apresentados os problemas encontrados no campo dos videogames que motivaram a realização dessa pesquisa.

1.1 Problema de Estudo

Ao lançar um novo videogame o que as empresas têm em mente é o desejo pelo seu sucesso. Mas o que garante o sucesso de um videogame? Para Schell (2008, p. 40-45), o sucesso de um videogame é composto por quatro elementos básicos, que são: Mecânica, História, Estética e Tecnologia.

Apesar das indicações precisas de Schell (2008), o fracasso de venda e adesão do consumidos em muitos videogames que apresentaram evoluções significativas em cada uma destas áreas ou mantiveram receitas de sucesso, alguns com reconhecimento e prêmios, demonstra que não existe garantias de que o sucesso possa ser alcançado apenas por critérios técnicos.

Outro problema muito comum no desenvolvimento dos videogames é o seu balanceamento. Atualmente as grandes empresas investem milhões de dólares para fazerem o balanceamento dos seus jogos de forma passiva e mesmo assim não tem garantia nenhuma que isso vai agradar a todos que forem jogar seus videogames.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Com isso, foram formulados dois problemas acessórios, que orientam este estudo:

P1 = Os videogames não possuem uma componente automática que os ajudem a manter os jogadores motivados e envolvidos emocionalmente.

P2 = Os videogames não são capazes de fazer um balanceamento personalizado, de forma a apresentarem uma experiência única para cada jogador.

Com esses problemas em mente, sabendo que existe um ingrediente oculto para o sucesso dos videogames e que seu balanceamento precisa de algo a mais para realmente ser eficiente, surge a questão, o que está por trás de tudo isso? Como fazer com que as pessoas desejem jogar um videogame e como possa ser capaz de apresentar um balanceamento ideal para cada pessoa a fim de oferecer uma experiência única?

Para o desenvolvimento dessa pesquisa considera-se que a peça fundamental para o sucesso dos videogames está relacionado com as emoções individuais (de Byl, 2015). Quando um videogame é capaz de gerar diferentes emoções, sendo as que as pessoas esperam ter enquanto jogam, certamente o jogo terá sucesso.

Ao longo da história dos videogames muitos exemplos mostram que nem sempre utilizando-se apenas de critérios técnicos o jogo seria um sucesso. Como explicar o caso do Minecraft? Um videogame que não tem uma narrativa aprofundada, esteticamente não tem nenhuma sofisticação, em relação a tecnologia não tinha nenhum avanço, pois é possível jogá-lo em máquinas com configurações de hardware simples e suas mecânicas são comuns entre vários jogos. Enquanto alguns estúdios investem pesado em qualidade gráfica, criam jogos que se parecem verdadeiros filmes jogáveis e não tem sucesso.

Uma possível explicação para o caso do Minecraft seja isso, como cada pessoa pode criar seu mundo e fazer o que deseja dentro do universo do jogo, cada pessoa tem um conjunto de emoções diferentes e conseqüentemente tem uma experiência única no jogo. Mas como fazer com que isso possa ser reproduzido em jogos onde há uma narrativa definida e o jogador deve seguir um caminho estabelecido pelo game design?

Já se sabe, pela literatura, que as emoções personalizadas são a única forma de garantir o sucesso de uma mídia de entretenimento e principalmente nos videogames que são a multimídia mais imersiva.

Uma alternativa é possibilitar aos game designers um modelo em que possam utilizar as emoções dos jogadores para que essas emoções possam influenciar no game design, tornando o jogo auto adaptável. Mas isso pode ser complicado, uma vez que medir emoções e interpretá-las não é

uma tarefa simples, assim como medir reações emocionais através de *biofeedback* ainda não é consensual, apesar de ter evoluído muito nos últimos 13 anos (Marci, 2006, Egger et al., 2019, Poels and Dewitte, 2006). Uma opção oferecida como solução é a criação de um modelo que envolve obter reações fisiológicas dos jogadores, fazer uma avaliação subjetiva e a repetição automática no gameplay.

Assim, com a grande variedade de biossensores disponíveis atualmente no mercado e com preços relativamente baixos encontrar uma maneira de utilizá-los nos videogames pode ser uma solução para o problema de balanceamento e motivação dos jogadores.

Na próxima seção são apresentados os pontos que motivaram a realização desta pesquisa e quais são os objetivos que foram estabelecidos para direcionar os estudos e a realização dos testes necessários.

1.2 Análise e Questões de Estudo

O universo da tecnologia está em constante evolução e isso tem feito as pessoas desejarem serem surpreendidas por novos produtos. Isso não é diferente na área dos videogames, muitas tentativas para inovação têm surgido nos últimos anos. Uma tentativa foi a utilização dos sensores de movimentos, que acabaram sendo pouco utilizados nos videogames, mas depois tiveram aplicação em outros setores de pesquisa, como é o caso dos veículos autônomos. Mais recentemente tem sido apresentado inúmeros videogames que apostam na realidade virtual para oferecerem aos jogadores mais imersão. Ao falar em inovação, as pessoas da área de tecnologia da informação sempre se lembram de Steve Jobs devido sua capacidade em oferecer os produtos que as pessoas desejam. Em uma entrevista em 1989 à revista Inc. Magazine (Burlingham and Gendron, 1989), Steve Jobs disse:

Você não pode simplesmente perguntar aos consumidores o que eles querem e daí tentar dar isso a eles. Assim que você conseguir construir isso, eles já vão querer algo novo.

No caso desse trabalho, o foco é oferecer ainda mais imersão aos jogadores para que possam desfrutar ao máximo cada videogame de uma forma única para cada um. Considerando o que foi apresentado na seção anterior, levantou-se a seguinte questão de investigação:

- É possível aumentar o envolvimento e a atenção dos jogadores fazendo com que o game design se adapte às emoções de quem está a jogar?

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Tendo essa questão de investigação estabelecida, foi criada então a seguinte hipótese de pesquisa:

- O videogame sendo capaz de identificar em tempo real, quais emoções o jogador está sentindo, pode ser capaz de fazer alterações no game design e manipular a narrativa e elementos de gameplay através da utilização de algoritmos de IA e com isso aumentar o envolvimento do jogador.

Assim, caso o jogador esteja em uma missão em que, por exemplo, tenha que ficar coletando itens pelo cenário e enquanto isso não existe nada que gere ação, o jogador pode acabar ficando entediado e até fechando o jogo. Mas caso o videogame seja capaz de identificar isso, pode inserir alguns inimigos via IA para dificultar a missão. E no caso de o jogador estar enfrentando algum adversário muito forte e o jogo identificar que o jogador está começando a sentir raiva por não conseguir vencer, então pode se adaptar para diminuir a resistência do personagem adversário de forma que o jogo fique equilibrado com o jogador e ainda assim fique interessante.

Fora do mundo dos videogames, pesquisas relacionadas a este tipo de interação, vem sendo realizadas desde 1997. Inicialmente por Rosalind Picard com estudos sobre Computação Afetiva em (Picard, 1997). Atualmente as formas de analisar a emoção das pessoas vem evoluindo. Existem algumas pesquisas que utilizam várias metodologias para a identificação das emoções, como a captura de vídeos para analisar microexpressões faciais das pessoas além do uso das respostas fisiológicas do corpo através da leitura de dados coletados por sensores. Essas pesquisas são apresentadas no Capítulo 2.

A fim de testar a hipótese apresentada para essa pesquisa, foram estabelecidos dois objetivos específicos a serem alcançados:

1. Encontrar padrões ou formas de medir as emoções dos jogadores de videogames com base nas leituras de sensores de *biofeedback*;
2. Utilizar como input os padrões definidos das emoções e com isso gerar uma reformulação do game design, seja alterando a narrativa ou o nível de ação do em um videogame real.

Assim, com base nos pontos apresentados, espera-se que os resultados obtidos nessa pesquisa sirvam de base para pesquisas futuras relacionadas com balanceamento de jogos com a utilização de biossensores.

1.3 Contribuições para o Futuro

Oferecer à indústria de videogames um caminho que possibilite a criação de uma experiência única para cada jogador a cada gameplay. Possibilitando o desenvolvimento de um sistema simples que permita fazer um balanceamento ativo com a utilização de biossensores, utilizando o estado emocional do jogador para o balanceamento do videogame. Com isso, os consumidores de videogames também serão beneficiados por passarem a ter um produto que se adapta ao seu estado emocional a cada interação.

1.4 Definições Iniciais e Estruturação da Dissertação

Nesta seção é apresentada a estrutura utilizada para dividir e organizar essa pesquisa. O desenvolvimento desta dissertação teve como início a análise do problema, nessa etapa o foco foi pensar no que poderia ser melhorado no mundo dos videogames, então, foi definido que o recorte a ser estudado seria sobre o uso de *Biofeedback* nos videogames. Isso levou a criação de uma questão de investigação, que serviria então como um guia para a procura das demais informações. Com os pontos anteriores definidos, surgiu então uma hipótese a ser verificada que deu origem aos objetivos principais dessa pesquisa. Essas informações com mais detalhes são apresentadas no Capítulo 1 e na Figura 1.1 pode ser visto um organograma que representa o processo de desenvolvimento dessa pesquisa.

Na Figura 1.1, cada uma das etapas realizadas no processo de metodologia foi representada como subprocessos por uma questão de simplificação de diagramas. Para que fosse possível testar e analisar um videogame afetivo foram necessários vários subprocessos dentro de cada uma das etapas, devido à complexidade da pesquisa. Nos próximos capítulos cada um dos processos será apresentado em detalhes. Por uma questão de organização de conteúdo e facilitação do entendimento, as próximas etapas da pesquisa serão apresentadas no Capítulo 3. Isso porque cada uma delas possui um fluxo mais complexo e que deve ser explicado com mais detalhes. Para que o conteúdo fosse apresentado da melhor forma possível, este documento foi dividido em nove capítulos. Abaixo está um breve resumo do que pode ser encontrado em cada um.

O Capítulo 1 é uma introdução ao tema onde é feita uma contextualização sobre o *biofeedback* no cenário atual. São apresentados os problemas que existem quanto à inovação nos videogames e uma possível solução em forma de hipótese, que por sua vez está dividida em objetivos específicos que serão a base para o estudo.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

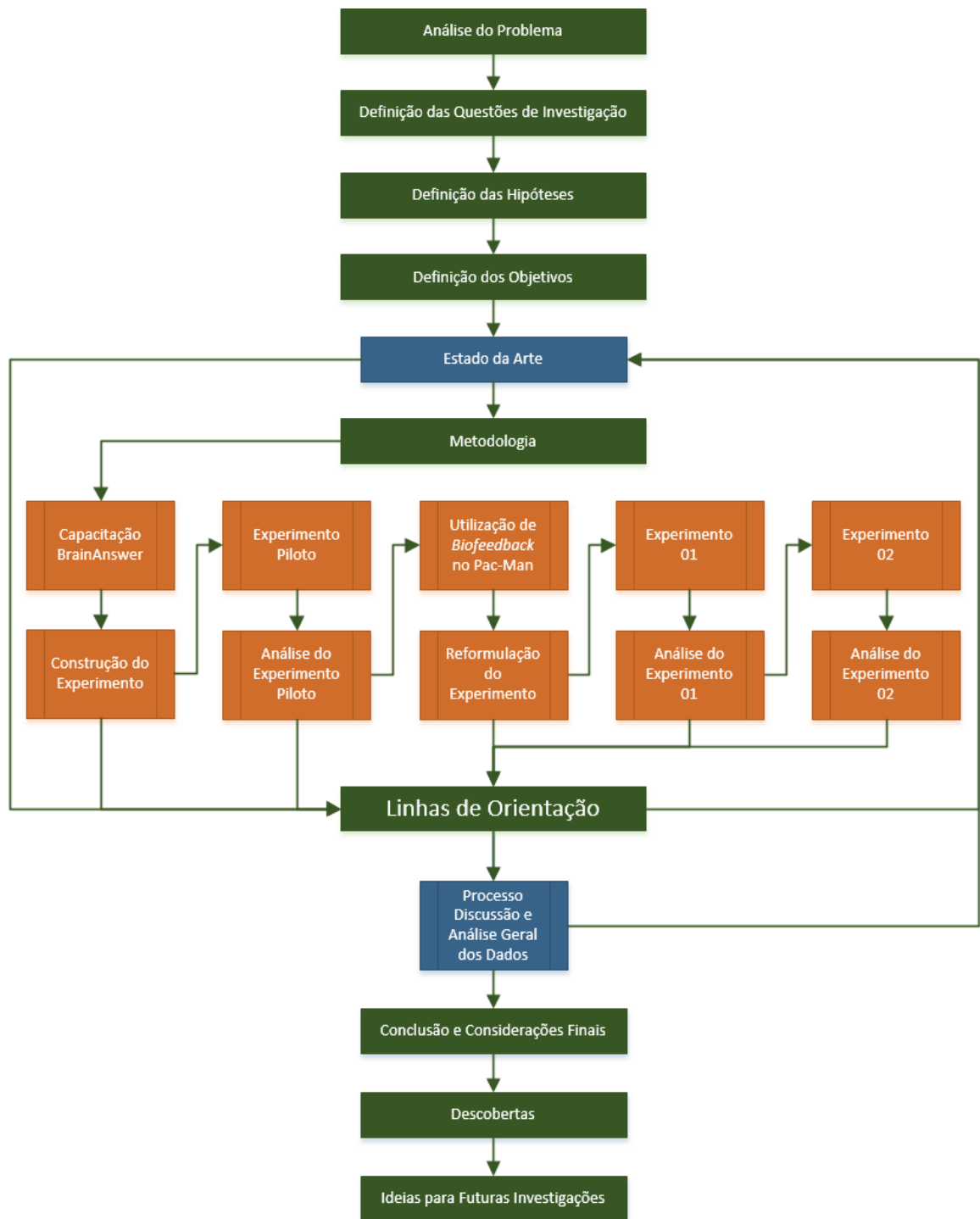


Figura 1.1: Organograma da Dissertação.

O Capítulo 2 contém o Estado da Arte sobre *Biofeedback* e Biossensores. São apresentados os modelos existentes para a representação das emoções para o entendimento de como as emoções podem ser interpretadas. Em seguida é feita uma apresentação do *biofeedback*, onde são apresentados os trabalhos que já foram feitos por outros autores que procuraram contribuir com este tema. São apresentadas várias abordagens sobre o uso do *biofeedback*, sejam no campo da medicina ou propriamente nos videojogos. Em seguida são apresentados alguns tipos de sensores

fisiológicos que são utilizados para a leitura dos dados de *biofeedback* e depois de uma introdução aos sensores existentes no mercado são especificados quais foram utilizados durante os experimentos dessa pesquisa. E para finalizar o capítulo, são apresentadas todas as ferramentas utilizadas nessa pesquisa, incluindo as que foram desenvolvidas durante os estudos.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia que foi utilizada para esse estudo. São mostrados todos os passos necessários para reproduzir o experimento. Também possui uma apresentação de toda a estrutura da pesquisa e em seguida são apresentados os detalhes de cada uma das etapas realizadas, mostrando como foram criados, testados e melhorados cada um dos experimentos e apresenta o processo metodológico de análise dos experimentos.

No Capítulo 4 encontra-se o processo utilizado para a coleta de dados do jogo e alteração do *gameplay* através do uso de *biofeedback*. É apresentado o jogo que foi utilizado nos experimentos, passando pelas alterações que foram feitas no jogo e detalhando as atividades realizadas com o videogame durante os experimentos. Também apresenta o sistema responsável por sincronizar os logs gerados e utilizá-los para fazer a predição das configurações utilizando os dados de *biofeedback*. E para finalizar o capítulo estão todos os detalhes sobre o projeto prático de *biofeedback* emocional na evolução do *game design*. É detalhado o processo de coleta de dados e estudo de campo. São mostrados os procedimentos utilizados para coleta de dados, como foi montada a estrutura física onde os voluntários eram recebidos e participavam dos experimentos. É apresentado como era feita a colocação dos biossensores e toda a componente prática do estudo. E para finalizar o capítulo são mostrados os dados estatísticos dos voluntários que participaram do experimento.

No Capítulo 5 encontra-se o protocolo utilizado no experimento para coleta de dados utilizando a plataforma BrainAnswer. São apresentados os protocolos utilizados para aquisição dos dados em cada um dos experimentos. É apresentado como foi a coleta de dados referente as autoavaliações feitas pelos voluntários para poderem expor suas emoções sobre cada uma das fases jogadas do videogame.

No Capítulo 6 está o processo utilizado para análise dos dados. É apresentado o processo utilizado para avaliação dos dados do estudo. São apresentadas como as ferramentas foram utilizadas, como foram aplicadas as métricas para análise dos dados e uma apresentação das observações iniciais que guiaram o restante da pesquisa. Nesse capítulo também é feita a discussão e análise dos dados. São apresentadas as informações encontradas com base nos testes feitos ao longo da pesquisa. Também se encontram alguns dados estatísticos sobre as emoções dos voluntários, que foram coletados durante os experimentos e sobre as avaliações feitas pelos voluntários comparando os resultados da experiência de jogo com e sem o uso do *biofeedback* realimentando o jogo. São respondidas as questões levantadas no início da pesquisa e as que foram surgindo durante os experimentos e análises.

***Biofeedback* e Resposta Emocional em Game Design**

No Capítulo 7 estão as conclusões obtidas com este trabalho. Onde são apresentados quais são as vantagens e as desvantagens no uso do *biofeedback* para a interpretação das emoções e o que isso impacta no gameplay. Além disso também são apresentados alguns possíveis projetos futuros para a utilização dessa tecnologia.

Assim, para dar início, a próxima seção apresenta como foi o processo para o desenvolvimento da componente teórica dessa pesquisa.

1.5 Considerações Sobre o Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o atual problema com o balanceamento nos videogames e como pretende-se resolvê-lo. Também foi apresentada uma visão geral sobre o tema de *Biofeedback* e Biossensores com uma apresentação do que será encontrado ao longo deste documento. Nos capítulos a seguir são apresentados todos os detalhes de como esse estudo foi feito, fornecendo assim uma base de informação suficiente para que os experimentos aqui apresentados possam ser repetidos e assim ser possível uma comparação de resultados.

Capítulo 2

Estado da Arte

Nesse capítulo é feita uma introdução ao tema de *biofeedback* e biossensores. São apresentados conceitos e formas de utilização, além das formas que vem sendo utilizadas ao longo do tempo para a interpretação das emoções. A fim de deixar o conteúdo em uma sequência lógica, abaixo encontra-se a estrutura deste capítulo.

Para que seja possível utilizar os dados dos sensores fisiológicos é preciso que as emoções sejam representadas de alguma forma e, para isso, na Seção 2.2 são apresentados os modelos de representação das emoções, onde os autores trazem sua definição e como podem ser utilizadas como escalas para medir as emoções.

A Seção 2.3 contém uma breve história do *biofeedback* e uma apresentação geral sobre o tema, com alguns conceitos e formas de sua utilização. São apresentados alguns estudos sobre as aplicações de *biofeedback*. Foram analisadas diferentes abordagens de seu uso e como se relacionam com o campo dos videogames. Também se encontram os trabalhos que já foram feitos por outros autores que procuraram contribuir com os estudos sobre o tema. Essas pesquisas anteriores serviram como base para a criação da abordagem proposta nesse documento, com isso, essa pesquisa utilizará o que já existe no mundo acadêmico para assim trazer uma nova abordagem para o tema.

Na Seção 2.4 foram listados alguns dos biossensores fisiológicos mais utilizados na coleta de dados de *biofeedback*, com um detalhamento de como são esses biossensores, quais são suas principais características e onde são mais bem utilizados. Na sequência estão quais foram os biossensores utilizados nesse estudo.

E para finalizar este capítulo, na Seção 2.6 são apresentadas as ferramentas que foram utilizadas para o desenvolvimento desse estudo.

2.1 Estado da Arte sobre *Biofeedback* e Biossensores

A procura pela literatura relacionada com tópicos como, o que é o *biofeedback*, quais são as suas aplicações e quais os hardwares mais utilizados. Nesse último tópico foram englobados os

biossensores e equipamentos relacionados com a leitura e coleta dos dados.

Primeiramente foram levantados alguns dados históricos sobre o *biofeedback* e depois foi feito um levantamento das possíveis formas de utilizá-lo nos videogames. Foram encontradas várias pesquisas onde se tentava aplicar o *biofeedback* aos videogames, algumas com potencial de uso comercial devido a sua simplicidade até pesquisas em que a aplicação comercial era inviável devido ao grande volume de sensores utilizados, onde o foco estava mais na coleta e análise de dados. A Figura 2.1 tem como objetivo de simplificar o fluxo do processo utilizado durante o desenvolvimento do Estado da Arte.

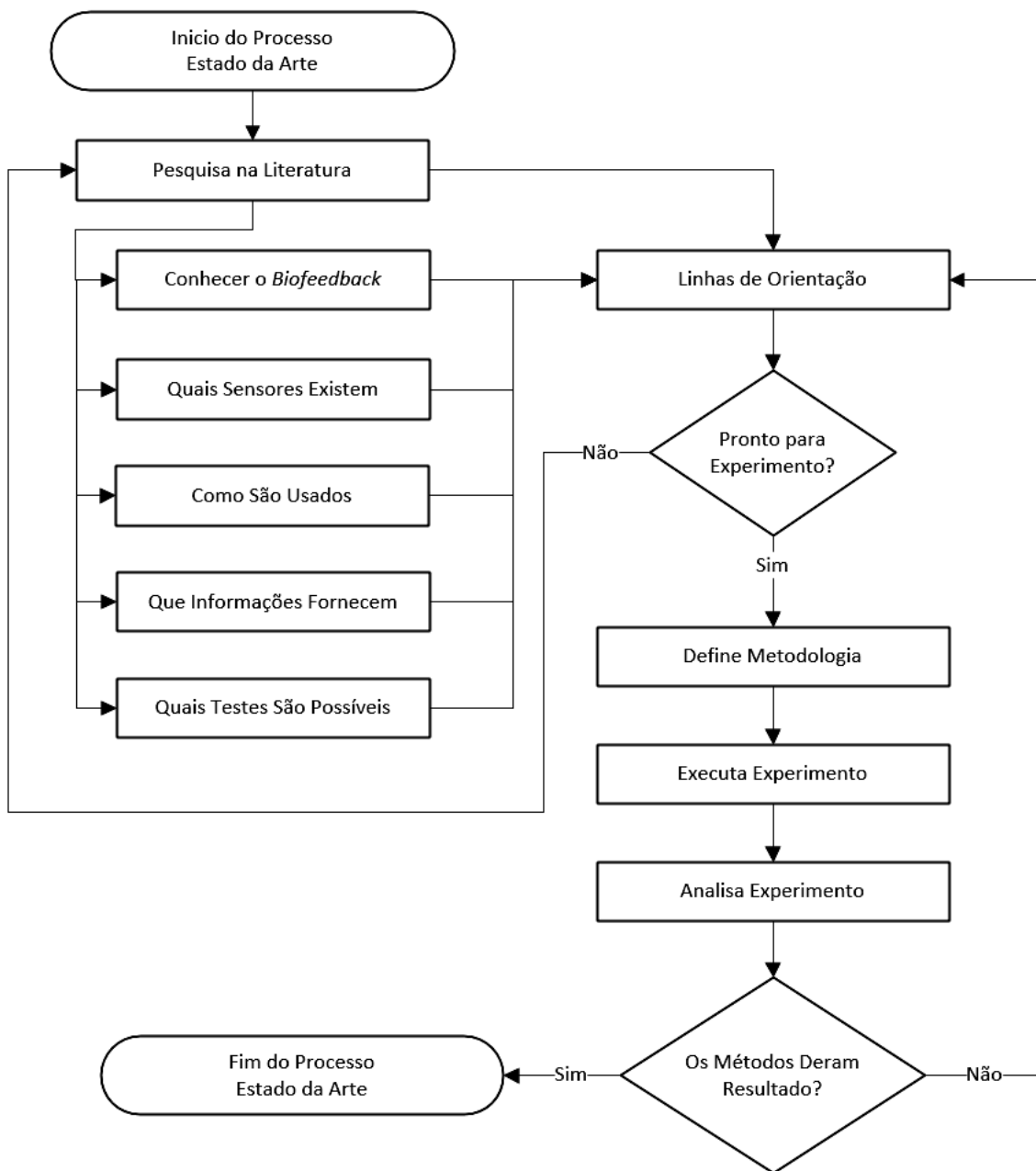


Figura 2.1: Fluxo de trabalho durante o Estado da Arte.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Ainda na fase teórica, foi necessário entender como as emoções podem ser representadas. Para isso, foram analisados modelos como o de Russell (1980) conhecido como Russell's Circumplex Model of Affect, o de Bradley and Lang (1994) conhecido como Self-Assessment Manikin (SAM) e a ferramenta para medida de emoções chamada PrEmo de Laurans and Desmet (2017).

O desenvolvimento do Estado da Arte foi um processo de retroalimentação, isso porque como pode ser visto na Figura 2.1, iniciou-se com a pesquisa na literatura, onde foram analisados vários artigos sobre o assunto e quando passava-se a entender mais sobre o tema, então eram realizadas reuniões para orientação, assim, quando acreditava-se que o conhecimento já estava sólido era definida a metodologia que seria utilizada, mas caso o conhecimento ainda não fosse o suficiente, volta-se às pesquisas na literatura.

Com a metodologia definida, partia-se então para os experimentos práticos, mas no início nem sempre se tinham bons resultados, então depois de analisar os dados, se fosse observado que o protocolo deveria ser melhorado, voltava-se então às orientações onde eram discutidas alternativas para melhorar o experimento. Mas a cada novo teste, cada subprocesso implementado, novas descobertas eram feitas na literatura, então essas descobertas eram apresentadas e discutidas nas reuniões de orientação e por fim eram acrescentadas ao texto da dissertação. Por sua vez, essas novidades encontradas auxiliavam na adaptação dos subprocessos, por isso era um ciclo de retroalimentação.

2.2 Modelos de Representação das Emoções

Antes de falar de como as emoções podem ser representadas, primeiro é preciso saber o que exatamente é uma emoção. Segundo Scherer (2001), uma emoção pode ser definida como um episódio que causa mudanças interligadas e sincronizadas nos estados de todos ou da maioria dos cinco subsistemas do organismo em resposta à avaliação de um evento de estímulo externo ou interno como relevante para as principais preocupações do organismo.

Para que fosse possível representar as emoções com uma forma visual, alguns pesquisadores ao longo do tempo criaram alguns modelos gráficos, nos quais cada um define conjuntos de emoções e como é a interpolação entre as emoções.

Por razões de simplificação de escrita, ao longo desse documento é utilizado o termo Escalas de Emoções para se referir aos Modelos de Representação das Emoções. A seguir serão apresentados alguns dos modelos mais conhecidos.

2.2.1 Russell's Circumplex Model of Affect

No ano de 1980, James Russell apresentou o primeiro modelo para a representação das emoções, que ficou conhecido como Russell's Circumplex Model of Affect, que pode ser visto na Figura 2.2. Segundo Russell (1980), o estado afetivo de uma pessoa pode ser representado em duas dimensões, a excitação e a valência. Onde a excitação representa a resposta à estímulos e o nível de alerta da pessoa e a valência representa o nível do sentimento em uma escala entre o agradável e desagradável.

De acordo com esse modelo as emoções estão estruturadas com base em duas dimensões, que são Ativação e Valência. Dessa forma, para Russell a maneira como as pessoas sentem suas emoções podem ser avaliadas utilizando esses dois eixos que são lineares e independentes.

O eixo da Valência é utilizado para avaliar o tipo da emoção, que possui uma variação entre muito negativa até muito positiva. Já o eixo da Ativação vai avaliar a intensidade da emoção, que varia entre muito calmo até muito excitado.

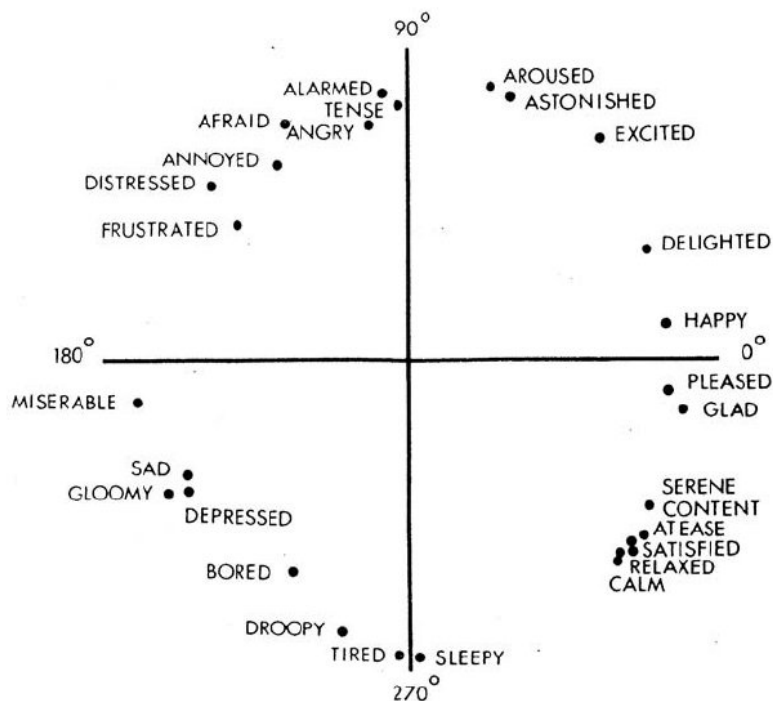


Figura 2.2: Russell's Circumplex Model of Affect 1980. Fonte: (Russell, 1980)

Alguns anos depois, mais precisamente em 2005, Posner et al. (2005) apresentaram uma nova proposta do Circumplex Model of Affect, afirmando que todos os estados afetivos surgem de interpretações cognitivas de sensações neurais centrais que são o produto de dois sistemas neurofisiológicos independentes. O problema era que esse modelo não ia ao encontro com as teorias

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

das emoções da época, teorias essas que afirmavam que um sistema neural independente e discreto atende a todas as emoções. Então a nova proposta apresentada foi que as teorias básicas da emoção não eram suficientes para explicar tudo o que já haviam observado de maneira empírica e sugeriram que era necessária uma mudança conceitual nas abordagens empíricas adotadas para o estudo das emoções. A nova proposta de Posner pode ser vista na Figura 2.3.

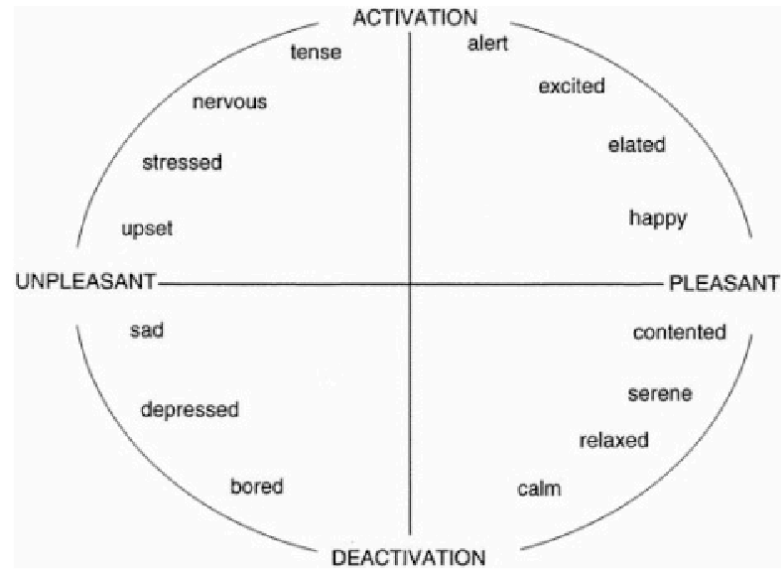


Figura 2.3: Russell's Circumplex Model of Affect 2005. Fonte: (Posner et al., 2005)

Visualmente não houve muitas alterações na representação e sim na teoria. No gráfico o que se observa é a adição de ativação e desativação no eixo vertical e agradável e desagradável no eixo horizontal. Assim as variações que ocorrem entre esses dois eixos definem às emoções dos indivíduos. Esse modelo pode ser visto na Figura 2.3.

2.2.2 Roda de Emoções de Plutchik

A Roda de Emoções de Plutchik ou *Plutchik's Wheel of Emotions* é um modelo de representação de emoções criado em 2001 por Robert Plutchik. Nesse modelo as emoções são representadas pela forma tridimensional de um cone. Segundo Plutchik (2001) as emoções básicas são oito e em seu modelo a base do cone representa essas emoções básicas que estão dispostas em círculo, organizadas em quatro pares de opostos de acordo com suas similaridades. Enquanto o eixo vertical desse cone representa o nível de intensidade da emoção. A Figura 2.4 ilustra o modelo de Plutchik.

Esse modelo também possui uma representação bidimensional, nesse modelo existem alguns espaços em branco entre as emoções. De acordo com Plutchik (2001) essas emoções nos espaços em branco são as díades primárias que são emoções que são misturas de duas das emoções

primárias. O autor também afirma que é possível obter todas as outras emoções a partir da alteração de intensidade das emoções primárias.

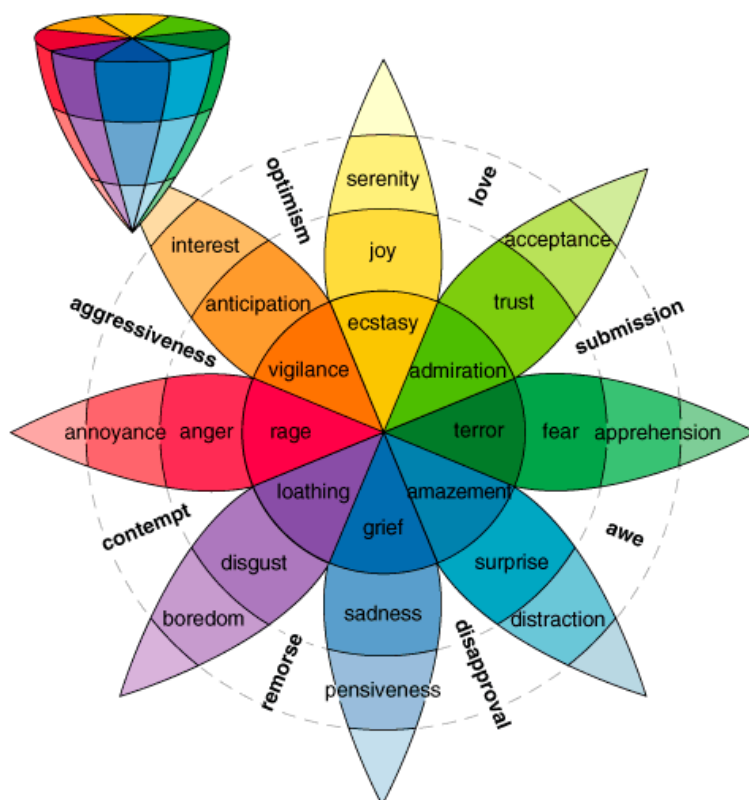


Figura 2.4: Roda de Emoções de Plutchik. Fonte: (Plutchik, 2001)

2.2.3 Self-Assessment Manikin (SAM)

A técnica *Self-Assessment Manikin* ou em tradução livre Manequim de Autoavaliação segundo seus criadores (Bradley and Lang, 1994) é uma técnica de avaliação pictórica não verbal que mede diretamente o prazer, a excitação e a dominância associados à reação afetiva de uma pessoa a uma ampla variedade de estímulos. Para facilitar a leitura, neste documento a técnica *Self-Assessment Manikin* será simplificada para Escala SAM.

Essa técnica consiste em um questionário foi desenvolvido com o objetivo de medir três características de uma resposta emocional que foram identificadas como principais para a medida de emoções, que são valência, excitação e dominância (Lang et al., 1993).

A aplicação dessa técnica é simples, visto que é composta por quinze imagens divididas em três grupos. A Figura 2.5 ilustra o modelo original criado pelos autores, onde no painel superior está o grupo de imagens utilizado para classificar as dimensões afetivas da valência, no painel central está o grupo utilizado para classificar o nível de excitação e por fim, no painel inferior

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

está o grupo de imagens que é utilizado para classificar o nível de dominância.

Os autores consideram que o SAM é um método fácil e barato para avaliar rapidamente relatórios de resposta afetiva em muitos contextos. O uso dessa técnica não exige tecnologia, visto que pode ser utilizado apenas com uma folha impressa onde a pessoa possa indicar manualmente qual imagem a representa em cada um dos três grupos.

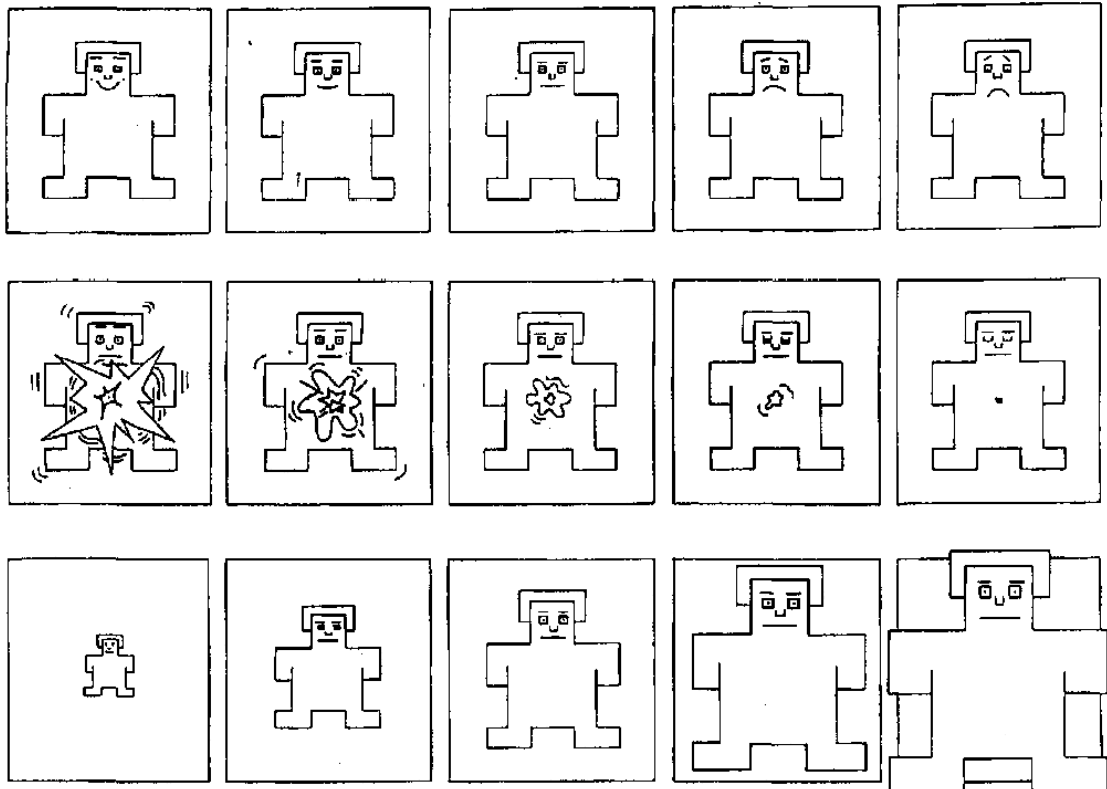


Figura 2.5: Self-Assessment Manikin (SAM). Fonte: (Bradley and Lang, 1994)

2.2.4 PrEmo

O PrEmo é uma ferramenta que foi desenvolvida por Desmet (2004) e tem como objetivo indicar, através de imagens e animações, o estado emocional de uma pessoa sobre uma determinada situação ou assunto. É um instrumento não verbal no qual a pessoa faz uma autoavaliação de suas emoções utilizando imagens. PrEmo mede 14 emoções que geralmente são provocadas pelo design de um produto.

Segundo Desmet (2004) a expressão facial fornece um meio de comunicar emoções ainda mais eficaz do que a expressão verbal. Devido às pessoas possuírem essa habilidade de interpretação foi o que motivou o desenvolvimento da ferramenta PrEmo. Essa escala de emoções faz uma divisão dessas 14 emoções em dois grupos, que são:

1. **agradáveis:** desejo, surpresa agradável, inspiração, diversão, admiração, satisfação, fascínio;
2. **desagradáveis:** indignação, desprezo, repulsa, surpresa desagradável, insatisfação, decepção e tédio.

A versão comercial da ferramenta apresenta uma opção para os entrevistados poderem relatar suas emoções utilizando animações expressivas de desenhos animados. Nessa versão, cada uma das 14 emoções medidas é retratada por uma animação por meio de expressões faciais, corporais e vocais dinâmicas, com isso não há necessidades de se confiar no uso de palavras (Desmet, 2004). Na Figura 2.6 é apresentada a versão atualizada das imagens da ferramenta e na Tabela 2.1 são apresentadas as interpretações das imagens da escala PreMo.

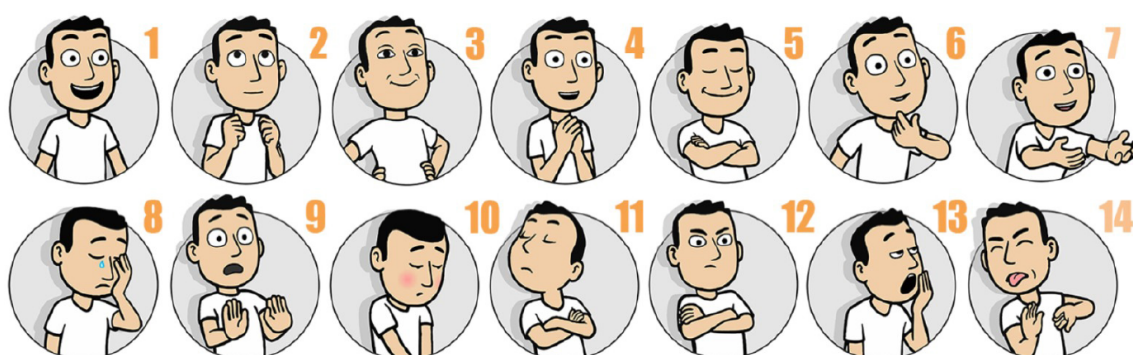


Figura 2.6: Escala de Emoções PrEmo.

Em 2017 foi criada uma nova versão do PrEmo. No artigo apresentado os autores testaram a ferramenta com dois produtos e os resultados obtidos para cada um dos produtos foram muito consistentes e acreditam que a ferramenta possa fornecer resultados bastante confiáveis para a medição das reações emocionais (Laurans and Desmet, 2017).

Emoções Agradáveis			Emoções Desagradáveis		
ID	Interpretações		ID	Interpretações	
1	Alegria	Felicidade	8	Tristeza	Pesar
2	Esperança	Otimismo	9	Medo	Ansiedade
3	Orgulho	Autoestima	10	Vergonha	Embaraço
4	Admiração	Respeito	11	Desprezo	Desrespeito
5	Satisfação	Aprovação	12	Insatisfação	Raiva
6	Fascínio	Curiosidade	13	Tédio	Desapontado
7	Atração	Desejo	14	Nojo	Aversão

Tabela 2.1: Interpretação das emoções baseadas na escala PrEmo

Para fins de simplificação de escrita, ao longo deste documento é utilizado o termo Escala PrEmo para se referir a Ferramenta de Avaliação de Emoções PrEmo. Outro ponto a ser destacado é que nesse estudo foram utilizadas apenas as imagens da escala e não a ferramenta em si.

2.3 *Biofeedback*

De acordo com Giggins et al. (2013), o *biofeedback* é uma técnica que fornece informações biológicas em tempo real ao paciente. De um modo geral, o *biofeedback* faz a leitura de uma variável fisiológica específica e devolve ao usuário em duas estratégias possíveis:

1. *Feedback* Direto - Onde os dados recebidos dos sensores são exibidos diretamente ao usuário, sem nenhum tipo de conversão, como é o caso da frequência cardíaca que pode ser representada em um valor numérico em um dispositivo;
2. *Feedback* Transformado - Onde os dados recebidos dos sensores não são exibidos mas são utilizados para controlar outro sinal.

O conceito de *biofeedback* começou a ser criado em 1969 em uma conferência em Santa Monica liderada por Barbara Brown a qual tinha em sua companhia Kenneth Gaarder e Gardner Murphy. O objetivo dessa conferência era concentrar todos que pesquisavam sobre o assunto para formar uma nova sociedade científica, visto que as pesquisas sobre *biofeedback* vinham crescendo constantemente. A Conferência foi realizada de 20 a 22 de outubro de 1969 e tempos depois Barbara Brown foi eleita como a primeira presidente da sociedade então conhecida como *Biofeedback Research Society*, que passou a ser chamada de *Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback - AAPB* em 1988. (Moss, 1998).

O *biofeedback* parecia ser um pivô entre a alta tecnologia com os níveis mais elevados de consciência, porque com a possibilidade de visualizar os estados corticais alfa além dos pesquisadores da área de tecnologia, também surgiu o interesse por parte de psicólogos e meditadores para pesquisas no campo da consciência espiritual. (Moss, 1998)

2.3.1 Pesquisas Realizadas Sobre a Utilização do *Biofeedback*

Nesta seção são apresentadas algumas pesquisas que utilizam dados de *biofeedback*. São apresentados exemplos de como o *biofeedback* pode ajudar para que seja possível a entender e procurar formas de interpretar as emoções das pessoas. E alguns estudos que mostram a dificuldade em se fazer a interpretação das emoções, como é o caso da pesquisa de (Kim and André, 2008), onde os autores demonstraram que há muitas diferenças interindividuais quando se trata de interpretar emoções através do uso de biossensores, uma vez que a mesma emoção pode levar a diferentes padrões de reações fisiológicas, o que causa grandes dificuldades para encontrar padrões nos dados e com isso treinar classificadores.

Um ponto interessante que destacam e que também foi apresentado por (Kim and André, 2008) e (Haag et al., 2004), é que mesmo com os avanços nas pesquisas e nas tentativas de criar sistemas

automáticos de reconhecimento de emoções, ainda é muito difícil identificar as emoções usando sinais biológicos.

Na pesquisa de Hristova et al. (2009) as autoras desenvolveram um estudo baseado nos dados de biossensores em que o objetivo era conseguir classificar a experiência emocional dos usuários ao interagir com agentes conversacionais incorporados, ou seja um personagem virtual. O estudo foi realizado em duas fases, onde na primeira o objetivo era conseguir classificar o conteúdo de valência emocional nas interações homem-agente.

Na primeira fase usaram fotos com valores conhecidos de valência para serem exibidas aos participantes que utilizavam a Escala SAM (Bradley and Lang, 1994) para avaliar essas imagens. Ao mesmo tempo faziam a recolha dos dados dos biossensores para treinar os classificadores. Durante a segunda fase, os participantes eram colocados para interagir com um agente virtual e enquanto isso seus dados fisiológicos eram coletados e os classificadores treinados na primeira fase eram aplicados a esses dados.

Uma dificuldade apontada pelas autoras é a limitação do uso de classificações subjetivas para o treinamento de classificadores para sinais fisiológicos. Como essa classificação foi realizada com questionários de satisfação realizadas no final da sessão de interação isso pode causar alguns problemas, como relatam os estudos de (Mandryk and Atkins, 2007) e (Benedek and Hazlett, 2005), porque as pessoas podem não recordar exatamente como foi sua experiência emocional durante o experimento e outro ponto é que os questionários fornecem medidas apenas no final da interação e isso gera uma única medida para toda a interação.

A conclusão de que chegaram é que fazer o reconhecimento automático de emoções distinguindo emoções com relação à valência é uma tarefa difícil. O estudo obteve bons resultados para as avaliações de imagens, em média acima dos 90% de acertos, mas para os testes com os agentes virtuais os dados não foram satisfatórios.

Outra forma de utilizar o *biofeedback* pode ser para avaliação de neuromarketing. O neuromarketing é uma tentativa de colocar todo o crescente conhecimento que há no campo da neurociência e somá-lo ao novo entendimento do cérebro e das emoções e utilizar isso para resolver problemas de publicidade (Morin and Renvoisé, 2005).

No estudo de Marci (2006), foi realizado um experimento onde foram criados dois grupos de voluntários com o mesmo perfil demográfico e cada grupo foi exposto ao mesmo conteúdo de mídia, mas com contextos diferentes. O objetivo era testar duas hipóteses diferentes, a primeira visava descobrir se a exibição de um comercial fora do contexto iria gerar um padrão emocional diferente nos dados dos biossensores e a segunda hipótese queria testar se um comercial exibido durante o intervalo de um programa de televisão bem-sucedido iria gerar um padrão emocional

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

diferente se fosse exibido em um malsucedida.

Para o experimento foram utilizados dois programas, um muito bem-sucedido e outro malsucedido, que teve em média um decimo de expectadores que o anterior. Para o experimento foram utilizados dois comerciais que já haviam sido exibidos na televisão, um comercial de cartão de crédito de 30 segundos e um comercial de cerveja de 60 segundos, ambos de grandes empresas.

Para testar a primeira hipótese, os participantes assistiram ao comercial do cartão de crédito após ficarem 60 segundos assistindo uma imagem em branco na televisão e depois assistiram o mesmo comercial durante um intervalo do programa de televisão.

Para testar a segunda hipótese, os participantes foram divididos em dois grupos e assistiram ao comercial da cerveja. Um grupo assistiu no intervalo do programa bem-sucedido e o outro no intervalo do programa malsucedido. Nesse teste o objetivo era ver se havia diferença no nível de engajamento por parte dos participantes em relação aos dois programas.

Para a coleta dos dados dos biossensores foi utilizada uma roupa inteligente com sensores sem fio embutidos em um colete que era usado por baixo da roupa. Esse colete era utilizado para coletar a condutância de pele, frequência cardíaca, frequência respiratória e movimento dos voluntários.

Os resultados obtidos confirmaram as hipóteses. No primeiro teste, os níveis de engajamento foram significativamente mais baixos para o comercial visto fora do contexto em relação ao que foi exibido no contexto de um programa de televisão bem-sucedido. E no segundo teste os níveis de engajamento foram significativamente mais altos para o comercial exibido durante o programa de televisão bem-sucedido.

Com isso, os autores concluem destacando que é muito importante ter em mente o contexto que vai ser utilizando quando for desenhar um estudo para avaliar as emoções das pessoas e também consideram que utilizar os dados de biossensores traz bons resultados para avaliar o envolvimento do público, porque quando as pessoas são monitoradas passivamente, é eliminada a necessidade de respostas ativas ou conscientes e isso gera um fluxo único de dados altamente sensíveis e interpretáveis, oferecendo um excelente complemento para muitos métodos usados nas pesquisas de mercado atuais.

O estudo de Marci (2006) é importante para essa dissertação por duas razões, a primeira em relação ao neuromarketing, uma vez que um videojogo é um produto, deve ser vendido, com isso é importante saber como é o comportamento das pessoas. O segundo ponto é observar o contexto em que os voluntários estão expostos quando os dados fisiológicos são extraídos, principalmente em casos onde seja necessário extrair emoções distintas em certas fases do

videojogo.

2.3.2 Biofeedback em Videojogos

Utilizar o *biofeedback* para controlar a motivação dos jogadores é algo que já vem sendo pesquisado há pelo menos uma década. Um exemplo disso é o estudo feito por Ambinder (2011), que durante a pesquisa era funcionário da empresa Valve, nesse estudo é apresentado como a empresa tem feito pesquisas para encontrar formas de utilizar o *biofeedback* nos videogames. São apresentados tópicos relacionados à maneira como a empresa recolheu os dados, fez as análises e como conseguiu modificar e manipular alguns de seus jogos utilizando dados de biossensores. Também fala de como isso pode ajudar a empresa ao fazer os testes internos de seus videogames. Para os testes realizados o autor utilizou três jogos da empresa Valve, que são **Left 4 Dead 2**, **Alien Swarm** e **Portal 2**. A apresentação da conferência foi disponibilizada em (Ambinder, 2018).

Em seu primeiro experimento, utilizando o jogo **Left 4 Dead 2** foram utilizados dados de biossensores de EDA para extrair o nível de excitação dos jogadores. Com base no nível de excitação dos jogadores o jogo era capaz de controlar o surgimento dos inimigos, armas, poções de cura e o momento onde os chefes de fase iriam aparecer. Dessa forma era possível fazer com que a dificuldade do jogo pudesse ser controlada de acordo com a excitação do jogador. Caso o jogador estivesse muito excitado, o jogo ficava mais fácil e se o jogador ficasse muito calmo a dificuldade era aumentada. De acordo com esse experimento foi concluído que através do controle de excitação é possível aumentar o nível de engajamento dos jogadores no durante o *gameplay*.

Seu segundo experimento foi utilizando o jogo **Alien Swarm**, onde também fez uso de dados de biossensores de EDA para extrair o nível de excitação dos jogadores. Para esse jogo foi criado uma modificação que utiliza uma restrição baseada em tempo, em que o objetivo era matar 100 inimigos em 240 segundos. Para isso foi utilizado um temporizador que era indexado pelo nível de excitação do jogador, assim, quanto mais excitado o jogador estava, mais rápido o tempo passava e quando o jogador relaxava o tempo voltava para seus níveis de origem. O autor destaca alguns pontos como o aumento da excitação leva ao aumento da excitação, isso porque quando mais excitado o jogador está, mais rápido o jogo fica e menos tempo há para finalizar a missão. E outro ponto é uma dificuldade para entender o que leva aos disparos emocionais porque a relação entre a excitação e os eventos do jogo nem sempre é clara.

O terceiro experimento feito por Mike Ambinder foi com o jogo **Portal 2**. Nesse jogo foi utilizado um sensor de *eye tracking* para controlar partes do jogo. Nesse experimento foi desacoplado a mira da câmera, fazendo com que o jogador utilizasse os comandos originais para movimentar

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

a câmera, mas a mira era feita utilizando as informações de *eye tracking*, assim, o jogador utilizava as mãos para se movimentar e os olhos para mirar. De acordo com o autor, esse modelo é mais adequado para jogos de ação e que desacoplar a mira dos controles foi uma vantagem.

Outro experimento realizado foi um jogo multiplayer capaz de mostrar representações do estado emocional de outro jogador. Também iniciaram o desenvolvimento de uma opção para ver a resposta emocional dos colegas de equipe durante, mas até o dia da apresentação isso ainda não estava finalizado. Segundo o autor esse foi um dos estudos mais interessantes que fizeram até a data da apresentação.

Outro estudo relacionado ao uso de *biofeedback* para o controle de videogames foi o de (Champion and Dekker, 2011). Para esse estudo os autores utilizaram como base o videogame **Half Life 2 Source** da empresa Valve e fizeram uma versão que utilizava dados de *biofeedback* para controlar elementos dentro do videogame. Para fazer as alterações de *gameplay* os autores utilizaram os dados de Condutividade da Pele e Ritmo Cardíaco.

Alguns dos filtros colocados em caso de o jogador estar calmo fora a possibilidade de o personagem ficar invisível para os inimigos e um efeito de câmera lenta durante os disparos, nos videogames esse efeito é chamado de *bullet time*.

Também adicionaram uma variação verificando se o batimento cardíaco do usuário e a resposta galvânica da pele estivessem acima da média, nesse caso o campo de visão e a velocidade do personagem mudavam, simulando um efeito de fúria e a câmera do videogame recebia um filtro vermelho. Caso o jogador estivesse muito calmo o visual do jogo era alterado para preto e branco e caso o batimento cardíaco aumentasse muito o visual do videogame recebia um filtro vermelho e começava a tremer para simular falta de controle.

Para o experimento os autores utilizaram duas fases, onde em uma era aplicado o uso de *biofeedback* e na outra não. Não era avisado aos voluntários que o *biofeedback* fazia alterações no jogo. Segundo os autores, os participantes perceberam o *biofeedback* afetava a jogabilidade, mas não tentaram ajustar a respiração ou a frequência cardíaca para ver como isso afetava o jogo. A conclusão que chegaram foi que a fase com o controle por *biofeedback* apresentou uma eficácia maior em relação a fase de controle, que não possuía nenhuma alteração.

2.4 Biossensores

Um biossensor é um dispositivo analítico que mede reações biológicas ou químicas e as convertem em um sinal elétrico. Atualmente os biossensores estão presentes principalmente no

diagnostico biomédico. São utilizados em aplicações como monitoramento de doenças, descoberta de medicamentos e detecção de poluentes, microrganismos causadores de doenças e marcadores que são indicadores de uma doença em fluidos corporais como sangue, urina, saliva e suor (Bhalla et al., 2016).

O termo biossensor é frequentemente usado para se referir a sensores usados para determinar a concentração de substâncias e outros parâmetros de interesse biológico, mesmo quando não utilizam diretamente um sistema biológico (Chaplin, 2014).

2.4.1 Sensor de Respiração (*Respiration Sensor*)

O Sensor de Respiração é utilizado para medir a frequência respiratória e a profundidade relativa da respiração torácica ou abdominal. Este sensor é uma espécie de cinto elástico e pode ser usado sobre a roupa, geralmente é colocado ao redor do peito ou sobre o abdômen. O sensor e sua forma de colocação podem ser vistos na figura 2.7.



Figura 2.7: Sensor de Respiração.

Segundo Haag et al. (2004), uma respiração rápida e profunda pode ser um sinal de excitação como raiva, medo ou em alguns casos alegria, já uma respiração rápida e superficial pode ser um indicador de tensão, que pode ser pânico, medo ou concentração. Quando a respiração é lenta e profunda indica um estado de repouso e relaxamento, enquanto uma respiração lenta e superficial pode ser um indicativo de depressão ou de satisfação. Um breve resumo pode ser visto na Tabela 2.2.

Velocidade	Intensidade	Indicativo
Rápida	Profunda	Excitação, Raiva, Medo ou Alegria
Rápida	Superficial	Tensão, Pânico, Medo ou Concentração
Lenta	Profunda	Repouso e Relaxamento
Lenta	Superficial	Depressão ou Satisfação

Tabela 2.2: Interpretação dos tipos de respiração

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Olhar apenas os dados desse sensor não nos trará informação sobre a emoção da pessoa analisada. Seus dados dependem de outros sensores para que seja possível interpretar as emoções de uma pessoa.

2.4.2 Sensor de Volume de Pulso Sanguíneo (*Blood Volume Pulse* - BVP) ou Sensor de Fotopleletismografia (*Photoplethysmogram* - PPG)

Sensor de Volume de Pulso Sanguíneo é um sensor que mede o volume de sangue que passa por uma determinada parte do corpo, normalmente utilizado na ponta de um dedo. É um sensor óptico não invasivo e sua função é medir a dinâmica cardiovascular, detectando as mudanças na translucência arterial. Seu funcionamento baseia-se na utilização de um emissor de luz e um receptor.

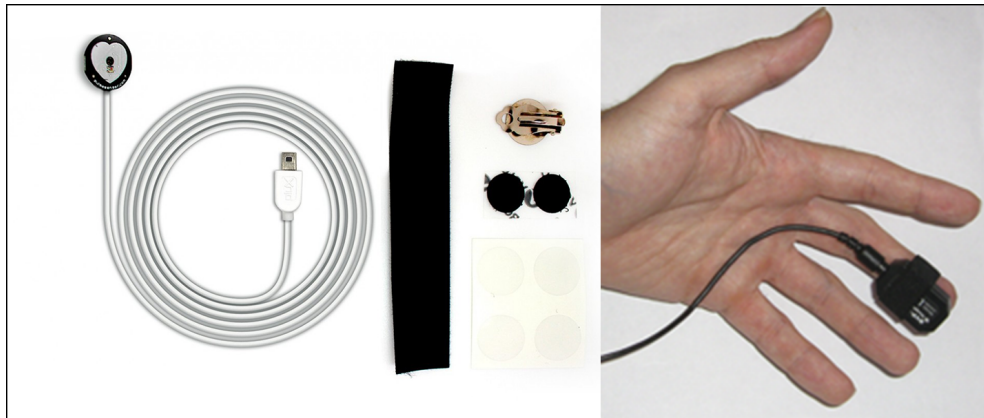


Figura 2.8: Sensor de Volume de Pulso Sanguíneo (BVP).

Quando o coração bombeia o sangue, as artérias tornam-se mais opacas devido ao maior volume de sangue, fazendo com que menos luz passe do emissor para o receptor. A partir dos dados desse biossensor pode ser retirada a variabilidade da frequência cardíaca (HRV), também é conhecido como sensor de fotopleletismografia (PPG) (Haag et al., 2004). O sensor e sua forma de colocação podem ser vistos na Figura 2.8

Frequência	Indicativo	Estado
Alta	Resposta Emocional ou Física	Excitado
Baixa	Redução da Ativação Física	Relaxado

Tabela 2.3: Interpretação dos Sensores BVP/PPG

Relacionado com emoções, a interpretação desse sensor é um pouco mais simples em termos de variáveis, porque só é considerada a frequência do batimento cardíaco, assim, um aumento na frequência de pulso significa que a pessoa apresentou uma resposta emocional ou devido a algum

movimento físico a frequência aumentou, nesse caso a pessoa apresenta um estado de aumento de ativação ou excitação. Nos casos onde há uma redução da frequência de pulso a pessoa também apresenta uma redução de ativação e com isso apresenta um estado de relaxamento. Na Tabela 2.3 é apresentado um resumo para as interpretações desse biossensor.

2.4.3 Sensor de Eletrocardiografia (*Electrocardiography* - ECG)

O sensor de Eletrocardiografia mede a atividade elétrica do coração a partir de eletrodos que são fixados na pele. Segundo Haag et al. (2004) os eletrodos podem ser colocados tanto sobre o peito quanto nos membros, mas para evitar ruídos no sinal e uma melhor precisão, é indicado fixar os eletrodos sobre o peito do utilizador. Esse sensor pode ser utilizado para medir a frequência cardíaca (HR) e intervalos inter-batimentos (IBI) para determinar a variabilidade da frequência cardíaca (HRV).

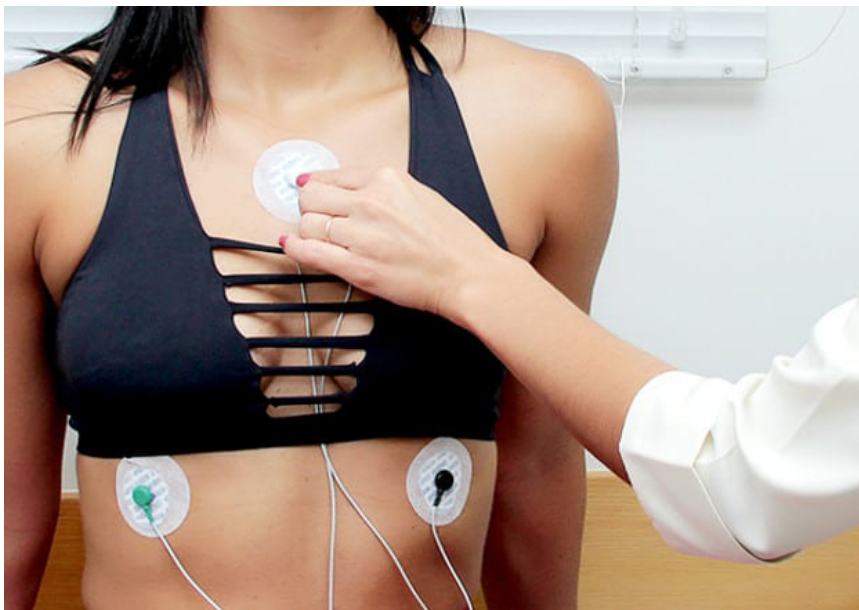


Figura 2.9: Sensor de Eletrocardiografia (ECG).

Para Ambinder (2011) esse sensor oferece boas informações sobre a excitação do utilizador e Haag et al. (Haag et al., 2004) acrescenta que uma HRV baixa pode ser um indicativo de um estado de relaxamento, enquanto um aumento da HRV pode indicar um estado potencial de estresse mental ou frustração. O sensor e sua forma de colocação podem ser vistos na figura 2.9

2.4.4 Sensor de Atividade Eletrodérmica (*Electrodermal Activity* - EDA)

A Atividade Eletrodérmica (EDA) também é conhecida como Resposta Galvânica da Pele (GSR) ou Condutância da Pele (SC) refere-se a mudanças nas propriedades elétricas na superfície da pele em resposta às secreções do suor (Boucsein, 2012). Sendo assim, o Sensor de Atividade Eletrodérmica tem a função de medir a condutividade da pele de uma pessoa com base na variação de suor. Para Haag et al. (2004), os sensores devem ser colocados nos dedos da pessoa a ser analisada.

Segundo Taylor et al. (2015), quando o corpo de uma pessoa responde ao estresse, variação de temperatura ou esforço físico, o sistema nervoso simpático aumenta a inervação sudomotora e isso faz com que a EDA aumente e a transpiração ocorra. A autora afirma que a EDA tem sido frequentemente utilizada em estudos relacionados a fenômenos afetivos e estresse porque o sistema nervoso simpático é influenciado pelo hipotálamo e pelo sistema límbico, que são as estruturas no cérebro que lidam com a emoção.

De acordo com Hernando-Gallego et al. (2018) os registros de atividade eletrodérmica podem ser úteis tanto para aplicações ambulatoriais quanto para aplicações na área da saúde. Segundo Nakasone et al. (2005) a GSR é um indicador da condutância da pele e aumenta linearmente com o nível geral de excitação de uma pessoa.

Para Ambinder (2011) esse sensor oferece boas informações sobre o estresse da pessoa por possuir um tempo de resposta muito rápido aos estímulos aos quais a pessoa é submetida. Mesmo com o bom desempenho desse sensor, Haag et al. (Haag et al., 2004) alertam sobre a necessidade de calibração do sensor devido a sensibilidade que apresenta às influências do ambiente, tais como, alteração na temperatura e umidade do ar.

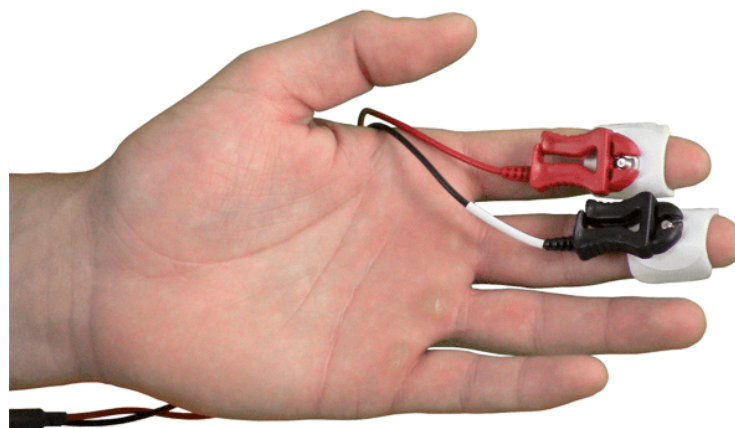


Figura 2.10: Sensor de Atividade Eletrodérmica (EDA).

Haag et al. (2004) chegaram à conclusão que este sinal é um bom indicador de estresse e é sensível a outros estímulos o que ajuda a diferenciar entre situações de conflito e sem conflito, ou entre raiva e medo. O sensor e sua forma de colocação podem ser vistos na figura 2.10

2.4.5 Biossensores Utilizados na Pesquisa

Para essa pesquisa foram utilizados apenas quatro, que foram EDA, ECG, PPG e de Respiração. Foi definido que essa seria a configuração de biossensores porque a plataforma BrainAnswer já estava preparada para recolher esses dados.

No início da pesquisa chegou a ser cogitado a utilização de outras técnicas, como o uso de webcams para a gravação dos jogadores para que pudessem ser analisadas as expressões faciais, mas depois de algumas recolhas observou-se que as pessoas tinham muito pouca variação em suas expressões, principalmente quando estavam sozinhas. Também foram feitas algumas recolhas com a utilização do sensor de *Eye Tracking*, mas também acabou por ser abandonado porque consumia muito processamento do computador da estação de recolha e isso inviabilizava a pesquisa, visto que dentre todos os computadores disponíveis para as recolhas apenas um tinha as configurações de hardware necessárias para isso.

Outro fator que ajudou na eliminação da coleta de dados de *Eye Tracking* foi porque o objetivo final era encontrar uma forma de aplicar massivamente o *biofeedback* nos jogos e com isso, devido à falta de mobilidade causada pelo sensor por necessitar de uma calibragem inicial para cada jogador e depois dessa calibragem feita a pessoa não poder alterar sua posição em relação ao sensor porque isso gera erros de precisão, considerou-se que as pessoas não teriam interesse em ter isso em suas casas, visto que isso pudesse funcionar com jogadores de PC, mas não seria útil para jogadores de consoles.

Um ponto a ser destacado é que os sensores utilizados pela BrainAnswer não são os originais que costumam vir nos kits de Bitalino comprados no mercado. Foi pedido para os fabricantes do Bitalino para que aumentassem a sensibilidade dos sensores, assim quando alguém for comprar um kit de sensores pode pedir para que venham com as configurações criadas para a BrainAnswer. Caso contrário os resultados podem ser diferentes dos que foram obtidos com esse estudo.

Os dados desse grupo de biossensores foi utilizado por completo apenas no final da pesquisa, durante o período de análise dos dados. Para o projeto prático de *biofeedback* ativo ficou determinado que somente seriam usados os dados do sensor de EDA, porque durante os primeiros meses de trabalho era o único que fornecia dados em tempo real sem que precisasse fazer cálculos para a extração de informações. Um exemplo prático disso é a variação da frequência cardíaca que atualmente está disponível na plataforma, essa é uma informação que vem de cál-

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

culos feitos com os dados dos sensores de ECG e PPG e só ficam disponíveis depois da finalização da recolha.

A princípio pensava-se em utilizar os dados dos biossensores em tempo real, então dessa forma não havia nada disponível além das curvas de EDA, mas depois como foi visto que o jogo do Pac-Man não oferecia nenhuma alternativa para alterações em tempo real e sim que seria mais interessante que se tornasse um jogo revogável, todas as análises também passaram a ser no final da fase, mas ainda assim não era possível utilizar dados calculados vindos de outros biossensores porque todos os cálculos são feitos posteriormente no lado do servidor.

Atualmente não seria um problema fazer esses cálculos do lado analisador, mas era preciso focar em algo que fosse simples e pudesse apresentar um possível bom resultado, então o que ficou decidido foi ir fazendo testes e incluindo variáveis aos poucos para que fosse mais fácil ver o que cada uma influenciava.

Então, foram feitos vários testes, observados esses outros sensores e assim pode ser observado que algumas coisas que pareciam ter validade no início da pesquisa não influenciavam em nada e outras que nem se pensava em utilizar só puderam ser consideradas depois de analisar os dados dos jogos, mas esses detalhes são apresentados com detalhes no Capítulo 6.

2.5 Plataforma BrainAnswer

A BrainAnswer é uma empresa que tem como objetivo fornecer serviços de coleta de dados neurosensoriais para empresas. A BrainAnswer estuda o impacto do produto, marca ou publicidade no consumidor final. Por meio de medidas multissensoriais, são identificados os pontos de maior atratividade, capacidade de memória e impacto emocional que são provocados nos participantes. A BrainAnswer produz relatórios neurocientíficos onde são identificados aspectos para melhorar a comunicação da marca. Com essas ferramentas, pretendem ajudar as empresas a desenvolver novos produtos que melhor atendam às necessidades de seus clientes.

Nessa pesquisa, foi utilizada a plataforma BrainAnswer para a coleta dos dados de *biofeedback* dos jogadores e para a visualização desses dados de uma maneira mais compreensível. Assim foi possível analisar os dados de vários biossensores ao mesmo tempo enquanto se acompanha o *gameplay* realizado pelo jogador.

A princípio a plataforma era utilizada para análises de vídeos e imagens, mas ao decorrer desta e de várias outras pesquisas que foram surgindo e que a utilizam em áreas além do marketing, a plataforma foi evoluindo e muitas opções foram acrescentadas, como filtros de dados,

opção para criação de comentários, que foram opções muito utilizadas para a observação das atividades e padrões de comportamentos dos jogadores. A figura 2.11 mostra um exemplo da visualização dos dados de um jogador aleatório.

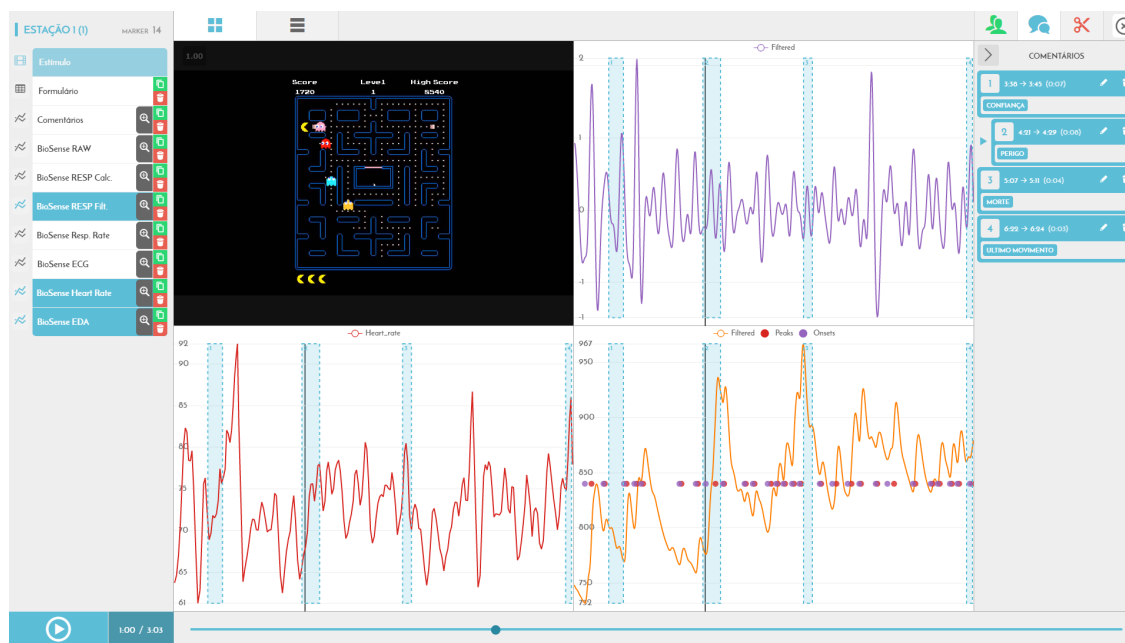


Figura 2.11: Exemplo de visualização dos dados na plataforma BrainAnswer.

Um dos pontos que ajudou foi a possibilidade de marcar blocos sobre as linhas dos sensores e deixar comentários sobre o que foi observado. Isso permite que as várias pessoas que estejam em uma pesquisa possam ir anotando o que consideraram importante e as outras podem ver isso, assim se alguém encontra um comportamento interessante pode compartilhar com a equipa toda.

Outro ponto a ser destacado é a possibilidade de alternar o zoom nas curvas dos sensores e assim poder ver suas alterações com variações na casa dos segundos, assim quando há um disparo em alguma das curvas é possível ver exatamente onde aconteceu porque está sincronizado com o vídeo do gameplay.

Portanto, essa foi uma ferramenta que ajudou muito porque ao invés de gastar tempo criando softwares para fazer cálculos e visualizações das curvas dos biossensores, poupou-se tempo porque isso já estava criado e foi só adaptar ao projeto.

2.6 Ferramentas Utilizadas

Para o desenvolvimento prático da pesquisa foi preciso tomar muitas decisões no início, como, a escolha do motor no qual o jogo seria desenvolvido ou adaptado, procurar por projetos de código aberto, definição de quais sensores fisiológicos seriam mais indicados para o que era procurado. Com base nisso, na sequência se encontram as ferramentas utilizadas.

2.6.1 Bitalino

O Bitalino é uma placa um pouco maior que um cartão de crédito que possibilita a aquisição de dados de biossensores. É um hardware de baixo custo e bastante versátil e foi projetado de uma maneira que permite que qualquer pessoa, de estudantes a desenvolvedores de aplicativos profissionais sejam capazes de criar projetos e aplicativos utilizando sensores fisiológicos Plácido da Silva et al. (2014). A Figura 2.12 ilustra a placa Bitalino utilizada na aquisição dos biossensores.

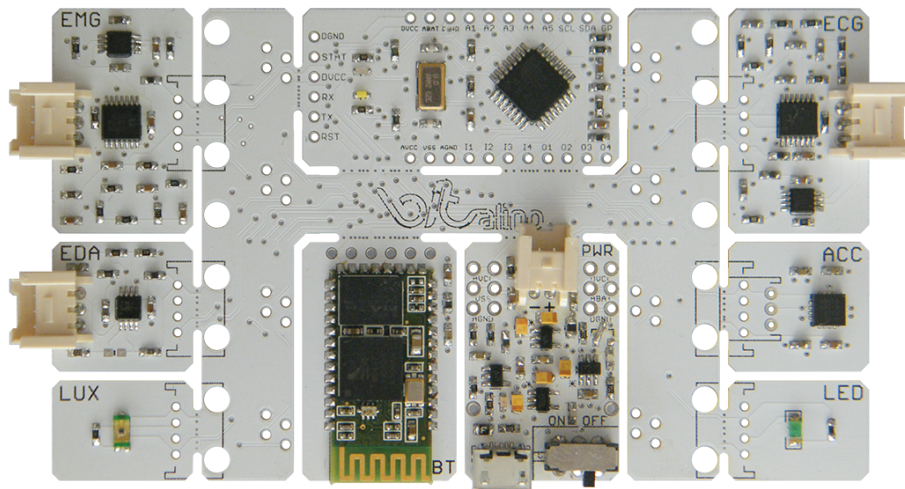


Figura 2.12: Placa de aquisição de biossinais Bitalino.

2.6.2 Unity 3D Game Engine

A Unity Technologies oferece a plataforma Unity 3D para a criação de jogos e aplicativos em 2D, 3D, VR (Realidade Virtual) e AR (Realidade Aumentada). A Unity 3D é um motor de jogo criado em 2005. No início estava disponível apenas para usuários da plataforma Mac OS, mas em 2009 recebeu uma versão para Windows e desde então vem crescendo o número de pessoas que a utilizam para o desenvolvimento de jogos. Baseados em dados do primeiro semestre de 2016,

34% dos 1000 maiores jogos móveis grátis foram feitos em Unity. (Haas, 2014)

A plataforma Unity 3D foi escolhida para o desenvolvimento dos testes nesta pesquisa devido ao conhecimento prévio do autor e pelo grande número de projetos de código aberto existentes que a utilizam. Isso facilitou o desenvolvimento do software de recolha de dados e assim manteve-se o foco no objetivo real da pesquisa, sem a necessidade de gastar tempo e criar tudo desde o início, fazendo-se apenas uma adaptação a esse projeto.

2.6.3 Microsoft Power BI e Sistema de Business Intelligence

O Power BI é um software da Microsoft e possui uma versão gratuita, o Power BI Desktop e que foi utilizada durante o processo de análise dos dados. É uma solução de análise de negócios que permite a visualização de dados em larga escala, permite a conexão com centenas de fontes de dados e disponibiliza a opção de exibir os dados em *dashboards* e relatórios (Microsoft, 2019).

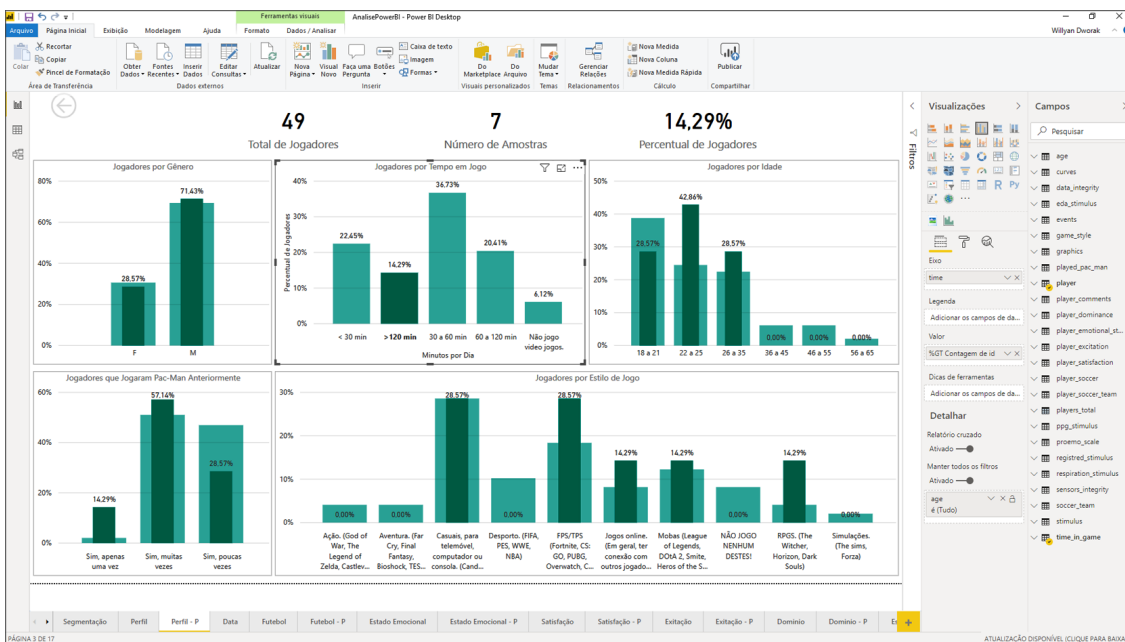


Figura 2.13: Exemplo de dashboard criada no Power Bi com aplicação de filtro

Essa foi uma ferramenta muito importante para a análise dos dados, porque permite o cruzamento de dados e a aplicação de filtros em tempo real que facilitam a interpretação dos dados. Infelizmente acabou por ser utilizada apenas na fase final de análise dos dados, mais especificamente para a análise dos formulários respondidos pelos jogadores. Poderia ter facilitado ainda mais o processo se fosse aplicada desde o início, visto que muitos gráficos que foram utilizados no início da pesquisa, para procurar entender o comportamento dos jogadores com relação à eventos dentro do jogo, foram criados via programação, e com isso, aplicar filtros e cruzar

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

dados foi complexo naquela fase.

Antes do início da criação das *dashboards* foi necessário criar a base de dados, já que a plataforma BrainAnswer retorna um arquivo no formato CSV (*comma-separated values*), então esse arquivo precisou ser trabalhado e convertido em um formato que assemelha à uma base de dados, utilizando chaves para referenciar as tabelas e assim permitir a aplicação de queries. Com essa ferramenta foram criadas várias *dashboards* para a visualização dos dados questionários respondidos pelos jogadores. Dessa forma ficou mais fácil de navegar entre os dados, porque ao clicar em qualquer elemento gráfico o sistema já aplica um filtro relativo a esse elemento e todos os outros componentes passam a ressaltar os dados com base nesse filtro. Na Figura 2.13 pode-se ver um exemplo prático, trata-se de uma dashboard criada para a visualização do perfil dos jogadores, nessa *dashboards* as barras em verde mais claro indicam os valores sem filtro e as barras com verde mais escuro indicam os percentuais com base no filtro. Nesse caso, o filtro aplicado foi no gráfico “Jogador por Tempo de Jogo”, onde foi selecionado o item “>120”, assim foi aplicado um filtro a todos os outros gráficos que passaram a destacar os percentuais apenas onde havia jogadores que costumam jogar mais do que 120 minutos por dia, nesse caso, dos 49 jogadores que participaram do teste, apenas 7 estão nesse grupo e representam 14,29% do total.

Assim, ao todo foram criadas 17 *dashboards* para a extração de informações que permitiram analisar os dados que não estavam disponíveis na plataforma BrainAnswer. As imagens com os gráficos mais significativos estão disponíveis no Capítulo 6, onde são apresentados os resultados encontrados.

2.7 Considerações Sobre o Capítulo

Desenvolver a base teórica foi uma etapa importante para o levantamento de informações necessárias para o desenvolvimento dessa pesquisa. Nessa etapa foi possível analisar os estudos anteriores relacionado com o tema e assim evitar de refazer experimentos que porventura já foram feitos por outros pesquisadores, além de procurar inspiração nos trabalhos existentes para que baseado nas indicações de trabalhos futuros fosse possível pensar em potenciais experimentos e melhorias para essa pesquisa. Além disso foi possível conhecer melhor como é o processo de reconhecimento de emoções e como normalmente é aplicado e analisado, assim como a utilização do *biofeedback* e biossensores. Nesse capítulo foram apresentados os trabalhos relacionados, a fundamentação teórica e todas as ferramentas que auxiliaram ao longo dos experimentos realizados.

Capítulo 3

Metodologia do Estudo de Campo

Neste Capítulo é apresentada a metodologia que foi utilizada para esse estudo. São mostrados todos os passos necessários para reproduzir o experimento. Possui uma apresentação de toda a estrutura da pesquisa e em seguida são apresentados os detalhes de cada uma das etapas realizadas, mostrando como foram criados, testados e melhorados cada um dos experimentos e apresenta o processo metodológico de análise dos experimentos.

Também estão os detalhes de como o processo de pesquisa foi estruturado, apresentando como foi elaborada cada etapa. Inicia-se com a primeira seção apresentando as definições iniciais e estruturação da dissertação, em seguida mostra como foi elaborado o estado da arte sobre *biofeedback* e biossensores, explicando o processo de pesquisar, testar e voltar a pesquisar até chegar ao objetivo desejado.

3.1 Estágio e Capacitação na BrainAnswer

Uma das primeiras coisas após as leituras iniciais foi participar de treinamentos no laboratório da empresa BrainAnswer para que fosse possível se familiarizar com a plataforma e com os biossensores, podendo então ver na prática como era a utilização do *biofeedback*. Durante esses treinamentos o professor João Valente sintetizou e compartilhou sua experiência de alguns anos trabalhando com biossinais.

Durante esse período que foi possível entender como era o comportamento padrão de cada um dos biossensores, como são as variações que apresentam quando as pessoas são submetidas a situações inesperadas, assim como aprender a interpretar os dados que eram coletados dos voluntários e depois eram exibidos na plataforma web.

Enquanto ainda não havia um protocolo definido, o treinamento foi feito com os testes que a BrainAnswer utilizava para coleta e análise de dados. Através desses testes foi possível pensar no que seria interessante aplicar para essa pesquisa. Como a empresa já contava com uma série de testes que haviam sido aplicados em Neuromarketing, os primeiros estudos puderam ser feitos com esses testes.

Além dos sensores que foram utilizados nessa pesquisa, foram feitos testes com outros, como sensor de *Eye Tracking* e Eletroencefalograma (EEG). Como esses sensores estavam disponíveis no laboratório, foram feitos alguns testes para ver se seria possível aplicá-los na pesquisa, mas no decorrer da criação do protocolo de recolhas foram desconsiderados. Mais detalhes sobre esses sensores estão na Seção 2.4.5.

Foram nas reuniões de orientação e capacitação feitas na BrainAnswer que também foram discutidas e definidas as formas que seriam utilizadas na modificação do jogo do Pac-Man, como seriam os logs que deveriam ser coletados e toda a parte relacionada com a forma de fazer com que fosse possível aplicar o *biofeedback* ao jogo.

Portanto, pode-se dizer que esse período de treinamento, ainda que tenham sido poucos dias, mas sempre com atividades práticas, representaram um ganho de conhecimento que para serem adquiridos em pesquisas na literatura levariam possivelmente anos. Dessa forma, todas as coisas que foram testadas pela BrainAnswer e que não deram resultados, simplesmente não precisaram serem refeitas para descobrir que seria perder tempo. Então como o caminho já era conhecido, foi necessário apenas aplicar as ferramentas que deram bons resultados.

3.2 Construção do Experimento

A construção do experimento piloto para a recolhas de dados foi o processo que concentrou a maior complexidade. Como nessa fase tudo era novidade, foram necessários vários passos para se conseguir deixar tudo funcional para iniciar a coleta de dados. Como pode ser visto na Figura 3.1, para essa etapa foram necessários, escolher um videogame de código livre para ser alterado e preparar todos os protocolos e então iniciar as recolhas.

Após passar a conhecer melhor o tema, o próximo passo foi pesquisar quais sensores e outros tipos de hardware que eram necessários para fazer a coleta de dados e que também possibilitassem a comunicação entre o utilizador e o videogame. Nessa etapa da pesquisa, encontrou-se o Bitalino, que é um hardware desenvolvido em Portugal que possibilita a leitura de vários tipos de sensores fisiológicos, tem um valor comercial acessível à estudantes além de ter uma API de código livre, o que facilitou a integração com o videogame escolhido. Mais detalhes sobre o Bitalino podem ser encontrados no Capítulo 2, na Subseção 2.6.1.

Antes de começar as coletas foi necessário estabelecer um protocolo com os passos a serem seguidos. Nessa etapa é que foram definidos quais seriam os questionários que os voluntários iriam responder, tanto para fins de análise de perfil quanto para análise de emoções. Foram definidos quais seriam os biossensores que seriam utilizados, como durante no período de capa-

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

citação foram feitos alguns testes, ficou mais fácil quais seriam utilizados. Para mais detalhes sobre os sensores utilizados, ver a Seção 2.4.5.

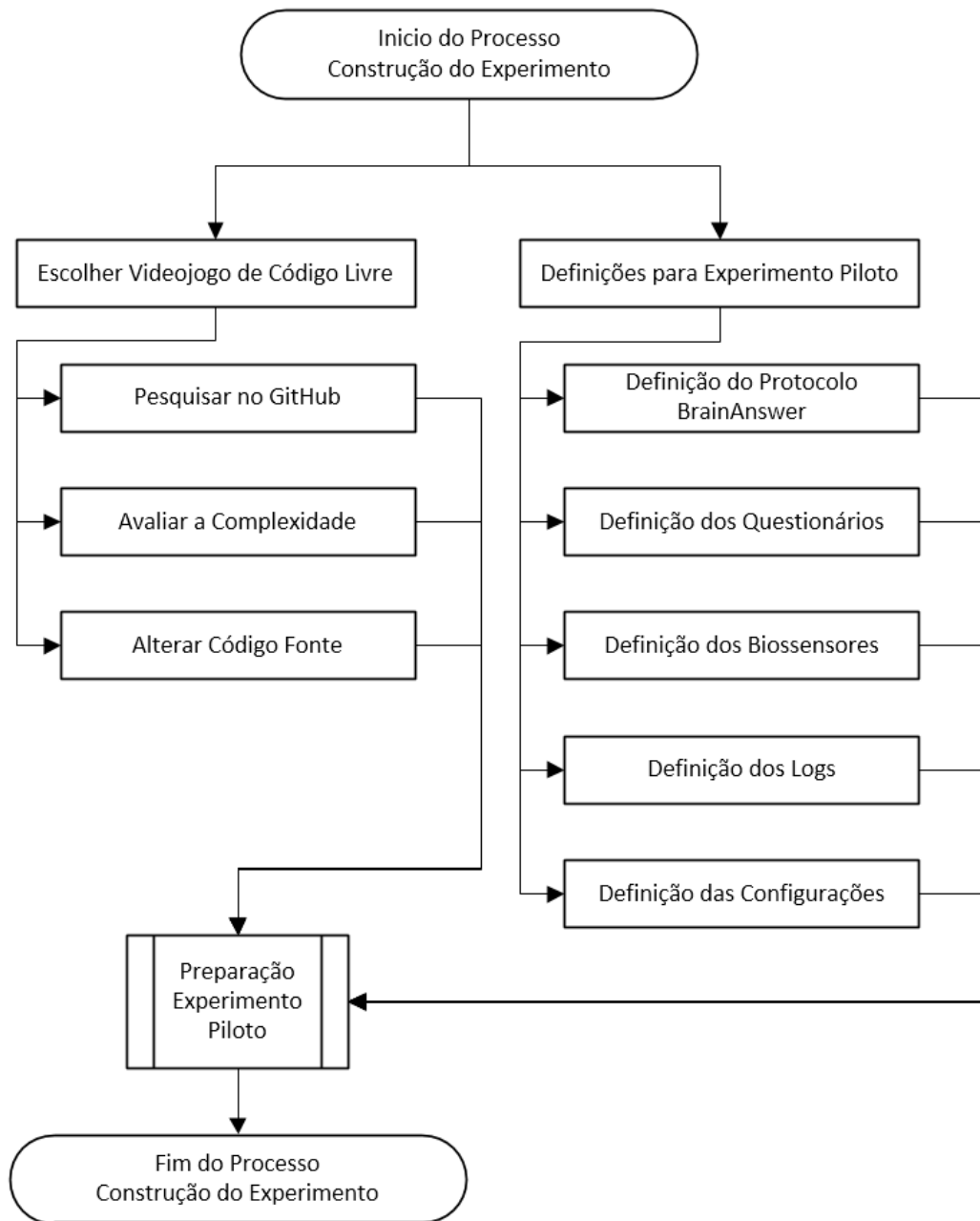


Figura 3.1: Processo de Construção do Experimento.

Com o código do jogo em mãos, era preciso definir quais seriam as variáveis que deveriam ser coletadas. Então foi estabelecida uma lista com tudo que poderia ser utilizado tanto para essa pesquisa quanto para pesquisas futuras e assim foram feitas algumas modificações no código do jogo para que fosse possível fazer a criação dos logs.

Durante essa etapa, outro ponto importante foi pesquisar um videogame de código livre para que fosse possível adaptá-lo à API do Bitalino e assim poder coletar os dados, tanto do jogo quanto

dos biossensores. Além de ser de código livre, outro ponto definido foi, escolher um jogo que fosse de uma mecânica simples e fosse conhecido por um grande número de pessoas, assim com esses filtros definidos, encontrou-se o repositório de Ilbeyli (2017) no GitHub, que é uma versão do jogo Pac-Man desenvolvida em Unity. Mais detalhes sobre o jogo utilizado também estão no Capítulo 4, na Subseção 4.1.1.

Também foi necessário definir as configurações do jogo do Pac-Man. Esse foi um ponto muito discutido antes de se encontrar um modelo considerado ideal. Inicialmente pensou-se em utilizar várias variáveis, mas por fim, para evitar ruídos nas análises deixou-se apenas as que causariam mais impacto no gameplay. Mais informações sobre as configurações do jogo estão na Seção 4.1.4.

Além de coletar os dados do jogo, também era necessário fazer com o jogo pudesse ser configurado externamente para que fosse possível criar níveis de complexidade distintos. Porque para testar as diferentes emoções dos utilizadores era preciso em alguns casos deixar o jogo muito fácil de ser jogado e em outros casos fazer com que o utilizador fosse desafiado. Assim ficou estabelecido que essa configuração seria enviada via parâmetros de inicialização através da plataforma BrainAnswer.

A plataforma também foi utilizada para a coleta dos dados dos biossensores porque já possuía os elementos necessários para a comunicação com os sensores e para a gravação dos dados, o que faltava era adicionar o jogo do Pac-Man adaptado para se comunicar com a plataforma. Mais detalhes sobre a plataforma BrainAnswer estão no Capítulo 2, na Seção 2.5.

Nessa etapa surgiu uma das primeiras dificuldades, o Bitalino utiliza conexão via Bluetooth então só consegue se conectar com um aplicativo por vez. Como a plataforma já estava configurada para essa conexão, o jogo não consegue coletar os dados para fazer a gravação de todos os dados em um único arquivo, assim como a plataforma também não consegue receber os dados do jogo em tempo real porque os dados não ficariam sincronizados. Assim surgiu a necessidade de criar um software a parte para fazer essa sincronização dos logs do jogo com os logs criados pela plataforma BrainAnswer.

Então, com tudo preparado para iniciar o teste piloto, a próxima etapa foi iniciar a preparação para as recolhas de dados. Na próxima seção é apresentada uma visão geral do experimento piloto.

3.3 Experimento Piloto

A etapa de coleta de dados para o experimento piloto foi dividida em duas sessões. Uma primeira onde foram coletadas algumas amostras, que tinha como objetivo apenas refinar a programação e procurar as formas necessárias para fazer a validação da experiência. Depois dessa primeira amostra, foram feitas alterações na forma de como seriam analisados os dados, e foram necessárias algumas modificações no jogo para que fosse possível coletar dados importante que haviam ficado de fora.

A segunda coleta de dados tinha como objetivo encontrar um possível padrão nas emoções dos utilizadores baseados nos marcos de estímulos criados durante o jogo, para que então fosse possível definir uma maneira de fazer uma predição de como seria uma configuração de jogo que agradasse mais o utilizador. Nessa fase foram feitas várias sessões de coleta, porque como a maioria dos voluntários eram alunos, dependia-se do tempo livre dos voluntários. Para evitar repetição de conteúdo, todas as informações referentes ao processo de coletas de dados podem ser encontradas na Seção 5.3.

Assim, depois de coletados os dados dos biossensores e dos jogos, o passo seguinte foi o processo de análise desses dados. Na próxima seção é apresentada como foi a análise dos dados do experimento piloto.

3.4 Análise do Experimento Piloto

O experimento piloto foi mais complexo de ser analisado, uma vez que faltava experiência no assunto. Primeiramente foi preciso criar um software que fosse capaz de sincronizar os logs gerados pelo jogo com os logs gerados pela plataforma BrainAnswer que continham os dados dos biossensores. O fluxo de trabalho dessa etapa da pesquisa está representado pelo Figura 3.2.

Para fazer essa sincronização foi criado o chamado JPacManLogSynchronizer, um aplicativo escrito em Java que no início tinha como objetivo apenas sincronizar os dois arquivos de log, mas no futuro acabou sendo utilizado para fazer toda a parte de interpretação e análise dos dados. Esse aplicativo então recebe dois arquivos de log, um do jogo e outro dos biossensores que foi criado pela plataforma, faz a sincronização com base no *timestamp*, que é o tempo em milissegundo de cada linha dos logs e gera um arquivo para cada versão do jogo que foi executada. Mais detalhes sobre o sistema de sincronização de logs estão na Seção 4.2.

Após ter o sistema que fez a sincronização dos logs, foi necessário adaptá-lo para que fosse capaz

de criar gráficos cruzando dados do jogo com os dados dos biossensores para então iniciar a etapa de preparação dos dados, para então começar a procurar padrões nos dados, analisando-se os gráficos gerados e os vídeos de gameplay.

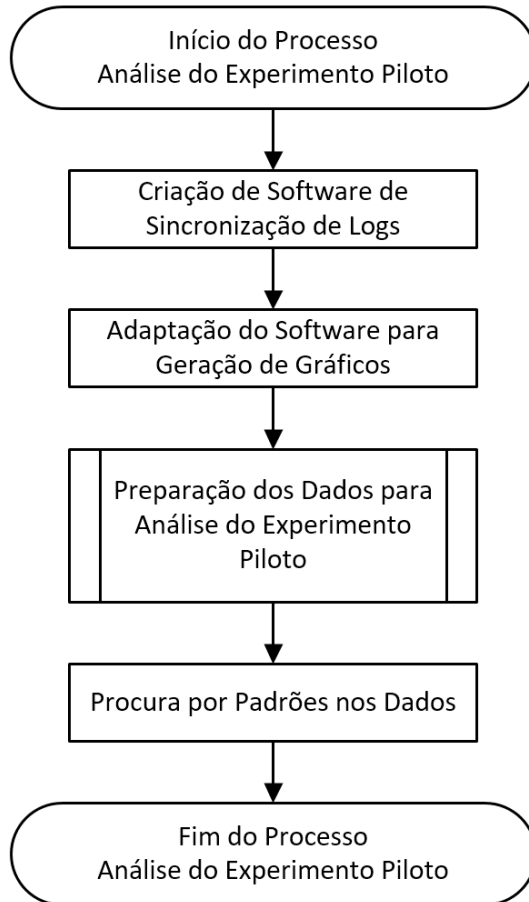


Figura 3.2: Processo de Análise do Experimento Piloto.

Mesmo tendo coletados dados de vários tipos de biossensores, por uma questão de complexidade de análise em relação ao tempo do estudo, foi definido que no teste piloto seriam analisados apenas os dados dos sensores de EDA. Assim, para fazer a análise dos dados foram cruzadas as informações de EDA dos voluntários com os eventos de ativação definidos dentro do jogo, procurando assim saber se aquele evento e naquela intensidade agradaram ou não o utilizador.

Assim, finalizadas as análises, passou-se a trabalhar no projeto prático para a utilização de *biofeedback* para controlar o jogo do Pac-Man. Na próxima seção é apresentada a etapa de implementação prática de *biofeedback* e para mais detalhes sobre o processo de análises do experimento consultar o Capítulo 6.

3.5 Criação dos Relatórios e Gráficos do Experimento Piloto

Antes de iniciar as análises das curvas de EDA no projeto piloto, foi necessário preparar os dados. Para gerar os gráficos iniciais, como o que pode ser visualizado no Capítulo 6 na Figura 6.1, foi necessário fazer a sincronização dos logs do jogo com os logs dos biossensores. Para fazer essa sincronização foi usado o sistema JPacManLogSynchronizer, que é apresentado na Seção 4.2.

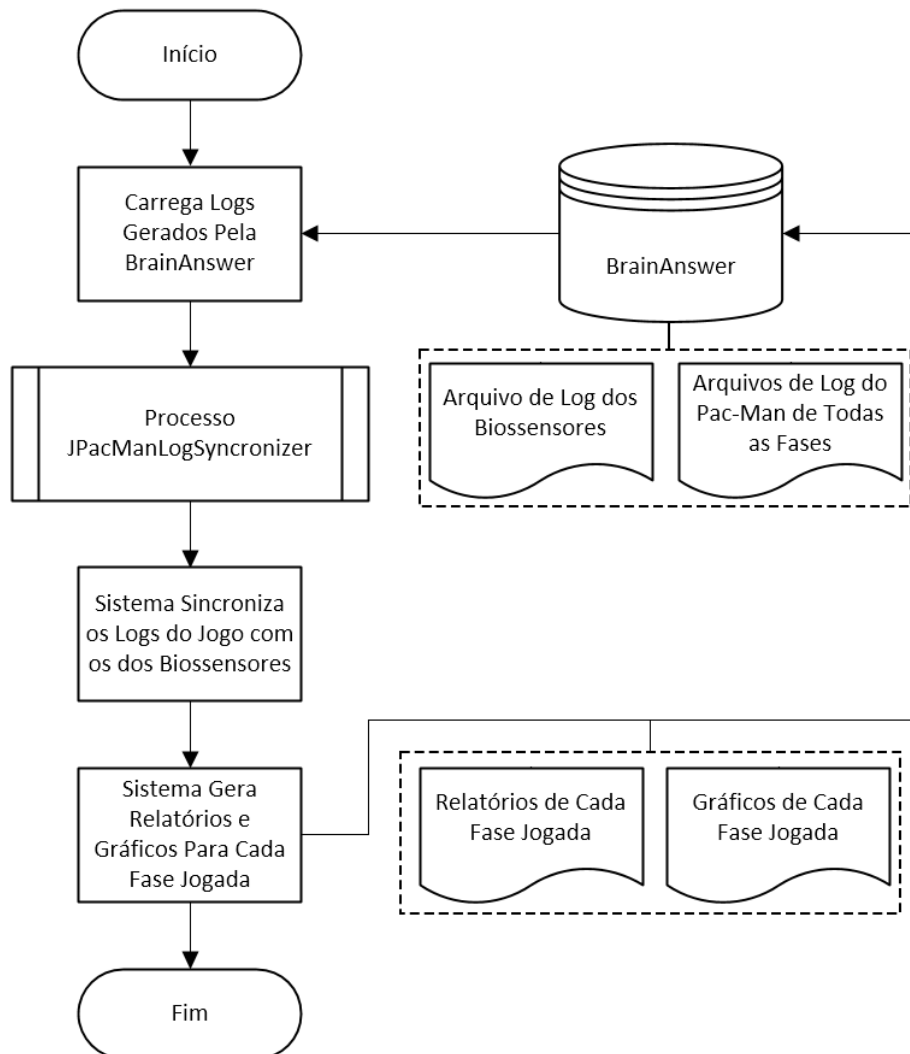


Figura 3.3: Fluxograma para Criação dos Relatórios e Gráficos do Experimento Piloto.

Para gerar os relatórios e gráficos do experimento piloto, primeiro eram carregados os logs da plataforma BrainAnswer e passados para o sistema de sincronização, que por sua vez, utilizava os três logs do jogo, que eram um para cada fase jogada e um arquivo de log com os dados dos biossensores e então fazia a sincronização.

Esse procedimento foi necessário porque os logs do jogo eram gerados um para cada fase enquanto os logs dos biossensores eram gerados um para cada voluntário. Na Figura 3.3 é exibido

o fluxograma dos eventos que foram necessários para a criação dos relatórios e gráficos do experimento piloto.

Ao finalizar a sincronização o sistema gerava os relatórios que continham informações como o número de fantasmas que foram pegos, o número de power-ups consumidos, número de vidas, percentual do jogo que foi concluído entre outras informações que foram consideradas importantes durante o experimento piloto.

Esse procedimento era realizado após todas as recolhidas do experimento piloto. Então, para cada um dos voluntários que participaram do experimento era gerado um arquivo de log dos biossensores e três arquivos de logs do jogo do Pac-Man. Assim, esse fluxo era repetido para cada um dos voluntários, gerando informações sobre cada um que participou do experimento.

Além dos relatórios, o sistema gerava também os gráficos que faziam a união entre os dados dos biossensores com as informações apresentadas nos relatórios. Esses gráficos eram como o apresentado na Figura 6.1.

Assim, foi através dessas informações que se iniciou as pesquisas por padrões de comportamentos no experimento piloto. Mesmo sendo visualmente rudimentares, foram de grande importância para chegar à versão funcional do sistema de predição de níveis.

3.6 Processo de Utilização de *Biofeedback* no Pac Man

Depois de finalizar a etapa de análises de dados foi iniciada a etapa que fez com que fosse possível controlar mecânicas de game design através do uso de *biofeedback*. Como pode ser visto na Figura 3.4, essa etapa tem um fluxo aparentemente simples, mas foi uma das etapas mais complexas da pesquisa.

Nessa etapa, duas coisas foram desenvolvidas em paralelo, que foi criar um software que fosse capaz de fazer a predição das configurações que o jogo deveria receber e ao mesmo tempo foi necessário alterar o jogo do Pac-Man para que fosse capaz de utilizar essas configurações.

No desenvolvimento do software que faz a predição das configurações o que foi feito foi criar um módulo para que fosse acoplado ao sistema que faz a sincronização dos logs, assim todas as tarefas ficaram em um único arquivo executável. O processo detalhado do desenvolvimento pode ser encontrado no Capítulo 4 na Seção 4.3.

No projeto piloto as variáveis de controle do jogo eram definidas na plataforma BrainAnswer, mas

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

para poder utilizar o *biofeedback* para controlar essas variáveis, o jogo precisou ser alterado e então foi preciso adicionar formas alternativas de encontrar as configurações. Assim, foi adicionada uma opção para que o jogo, como primeira opção, fosse a procura de um arquivo de configurações criado pelo sistema de predição, encontrando-o ignoraria os dados recebidos da plataforma e caso não encontrasse esse arquivo, o jogo então utilizaria os dados definidos nas configurações da plataforma. Os detalhes sobre a utilização do *biofeedback* no jogo do Pac-Man pode ser encontrada no Capítulo 4.

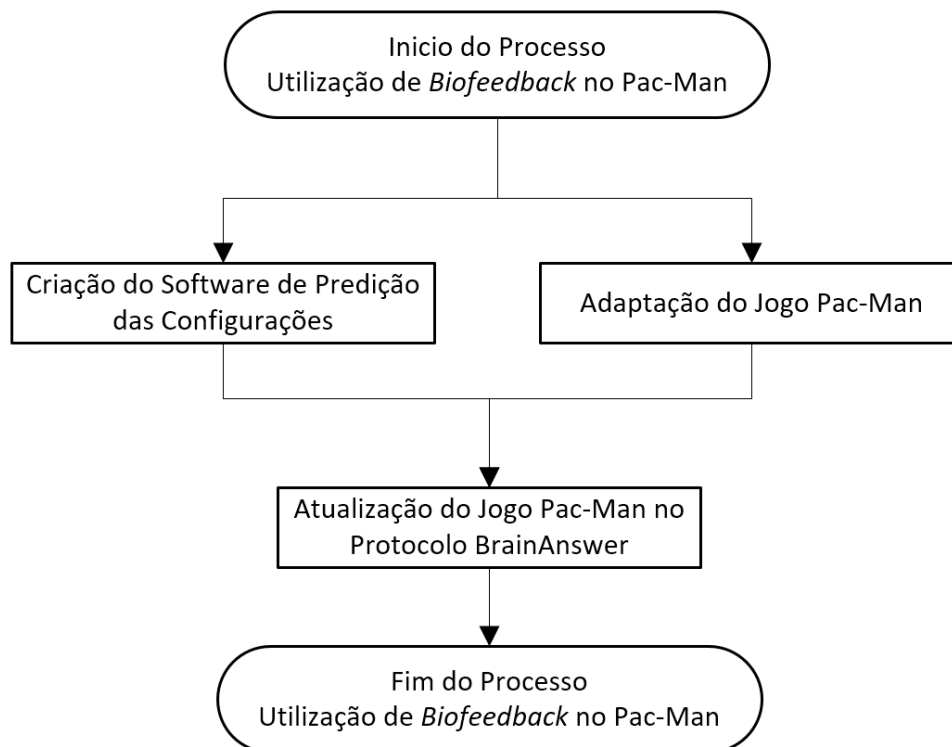


Figura 3.4: Processo de Utilização de *Biofeedback* no Pac Man.

Para que tudo isso funcionasse bem, também foram necessárias algumas alterações de código na plataforma, porque para essa versão a plataforma já precisava interagir com o sistema de predição, com a nova forma de leitura de variáveis do jogo e ainda garantir que ao iniciar um teste com um novo voluntário, todas as configurações anteriores fossem apagadas para que o jogo utilizasse os valores padrão para todos os jogadores durante a primeira fase do jogo do Pac-Man.

Então, após finalizadas essa etapa, os passos seguintes foram os experimentos utilizando o *biofeedback* para controlar a geração das configurações das fases seguintes. Todo esse processo é explicado na próxima seção.

3.7 Reformulação do Experimento

Após finalizadas todas as etapas iniciais do experimento piloto e estando com o jogo e a plataforma BrainAnswer adaptados para a utilização de *biofeedback* para controlar o jogo, foi preciso fazer uma reformulação do experimento e do protocolo criado na plataforma para se adaptar ao conhecimento adquirido ao longo das primeiras coletas. Na Figura 3.5 está ilustrado o fluxo de trabalho utilizado nessa etapa de reformulação do experimento.

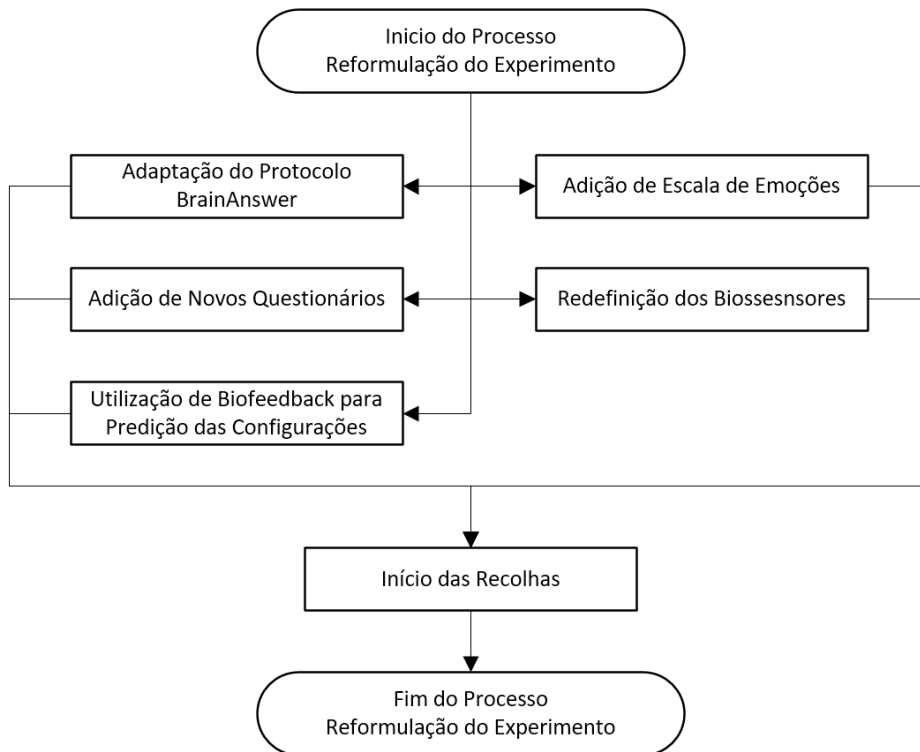


Figura 3.5: Processo de Reformulação do Experimento.

O experimento piloto serviu de base para que fosse possível entender o que seria preciso coletar de dados e posteriormente como seria a melhor maneira de analisá-los, assim, foi necessário fazer algumas alterações na maneira como se coletavam os dados.

Foi melhorada a forma como se fazia a coleta de dados referente às emoções dos voluntários, porque nessa etapa foram adicionadas escalas de emoções já validadas por estudos anteriores. Também foram adicionados novos questionários, como foi o caso do questionário de avaliação de clubes de futebol, que tinha como objetivo a confirmação da validade uma das escalas de emoções, nesse caso a PrEmo. Mais detalhes sobre o protocolo de recolha de dados utilizando a plataforma podem ser encontrados no Capítulo 5.

Nas coletas do experimento piloto foram feitos alguns testes utilizando o sensor de *eye trac-*

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

king, mas foi observado que em casos de computadores com uma configuração mais simples era inviável, uma vez que consome muitos recursos da máquina fazendo com que algumas coletas fossem perdidas. Com isso foi necessário fazer uma redefinição dos biossensores utilizados. Todas as informações referentes aos biossensores utilizados nessa pesquisa podem ser encontradas na Seção 2.4.5.

Assim, nessa etapa a utilização do *biofeedback* para fazer alterações em mecânicas de game design já era uma realidade. Como já estava tudo preparado para o início dos novos experimentos. Na próxima seção são apresentados os experimentos seguintes já com a utilização de *biofeedback*.

3.8 Experimentos 01 e 02: Utilizando *Biofeedback* para Alterar Mecânicas de Game Design

Após finalizar todas as alterações necessárias, foi dado início aos novos experimentos, agora utilizando *biofeedback* no controle do jogo. Nesses experimentos o foco foi recolher dados do jogo do Pac-Man e dos biossensores e utilizar as informações encontradas para poder configurar a próxima fase do jogo de maneira que pudesse agradar o jogador. Nessa etapa foram realizadas ao mesmo tempo dois experimentos, um que seguiu o conceito do experimento piloto, mas com a diferença que o teste já contava com a adição do *biofeedback* para fazer alterações nas mecânicas de game design e outro que foi um teste de estresse dos voluntários.

No experimento 01, ao invés de utilizar configurações predefinidas na plataforma BrainAnswer foi utilizado um sistema de predição que, baseado nos dados recebidos pelos biossensores gerava a configuração da fase seguinte do jogo do Pac-Man. Assim o jogo era capaz de interagir com as reações emocionais do jogador.

Nesse experimento, apenas a primeira fase o jogo era igual para todos os voluntários, pois utilizava uma configuração padrão definida na plataforma, já as próximas duas fases utilizavam configurações que eram geradas de acordo com as variações emocionais do voluntário e de seu desempenho durante a fase anterior. Dessa forma o jogo era capaz de alterar as velocidades, tanto do Pac-Man quanto dos inimigos baseado nos dados emocionais do jogador. Os detalhes de como foi implementado o sistema de predição de níveis de dificuldade estão na Seção 4.2.2.

Já o experimento 02 tinha como objetivo recolher dados de jogadores sob estresse. Foi utilizada toda a estrutura do experimento 01 com a diferença que nesse teste o sistema de predição de níveis deixava a fase seguinte sempre mais difícil que a anterior, isso possibilitou posteriormente

analisar como era o comportamento dos jogadores em situações extremas.

Assim, com a realização desses dois experimentos foi possível testar de modo prático a utilização do *biofeedback* como forma de controlar o comportamento de um videogame. Na próxima seção é apresentado como foi o processo para análises desses dados e para mais detalhes de como foram realizados os experimentos 01 e 02, consultar a Seção 5.3.2.

3.9 Análises dos Experimentos 01 e 02

Estando com os dados dos dois experimentos recolhidos, passou-se então para as etapas de análises dos experimentos. Como os dois experimentos utilizaram o mesmo protocolo de recolha de dados, o processo de análise foi o mesmo para ambos. Na Figura 3.6 é ilustrado o fluxo de trabalho para análise dos dados desses experimentos.

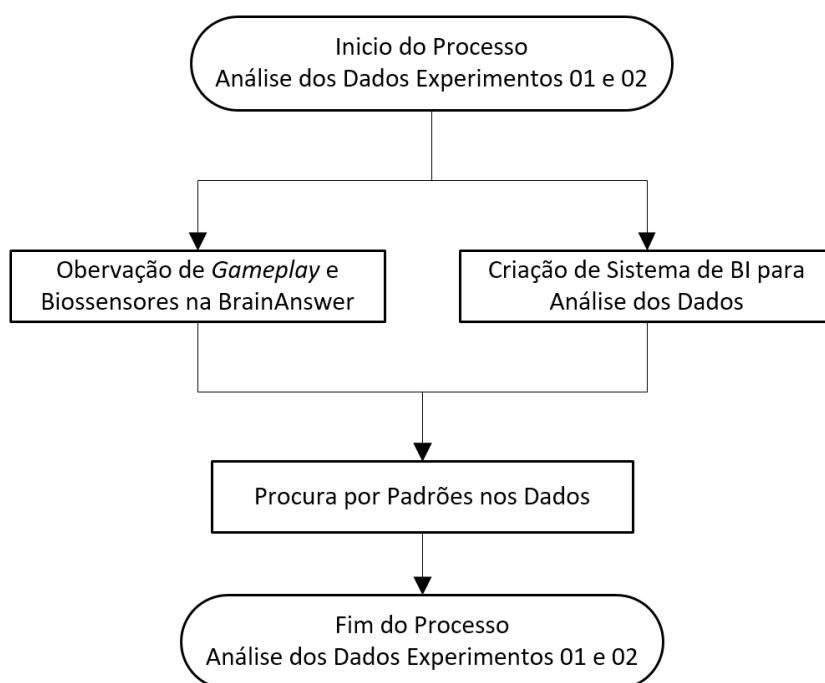


Figura 3.6: Processo de Análises dos Experimentos 01 e 02.

O processo de análise iniciou com a forma de observar os dados sendo divididas em duas. A primeira foi observar os dados dos biossensores junto com o gameplay dos jogadores de maneira individual e a outra forma foi desenvolver um sistema de *Business Intelligence* (BI) para poder analisar os dados em grupos, para aí então começar a procurar por padrões.

Na primeira forma de observação foi utilizada a plataforma BrainAnswer, onde era possível ver de maneira sincronizada, os dados dos biossensores em forma de gráficos, junto com o vídeo de

***Biofeedback* e Resposta Emocional em Game Design**

gameplay do jogador, além de oferecer uma opção de fazer comentários em partes específicas dos gráficos. Para mais informações sobre a plataforma, consultar a Seção 2.5 e para mais detalhes de como foi o processo de análise dos dados utilizando a plataforma, consultar o Capítulo 6.

Na segunda forma de observação foi implementado um sistema de BI que possibilitou analisar o comportamento dos jogadores através de agrupamentos baseados nos dados demográficos que foram recolhidos durante os experimentos. Esse sistema possibilitou analisar como foi a interação dos jogadores com o jogo do Pac-Man, baseando-se nas avaliações que fizeram utilizando as escalas de emoções. Também foi possível comparar o desempenho do sistema de predição de níveis em relação aos níveis criados manualmente para o teste piloto. Para mais detalhes sobre o sistema de BI consultar a Seção 2.6.3 e para visualizar os resultados extraídos do sistema consultar o Capítulo 6.

Por fim, iniciou-se a procura por padrões nos dados, tanto nos gráficos gerados pela plataforma BrainAnswer quando nos gerados pelo sistema de BI. Nessa etapa o objetivo foi procurar por padrões de comportamento para tentar entender como as pessoas reagiam em situações semelhantes. Para que a partir desses padrões fosse possível extrair informações que dessem embasamento para a melhoria do que foi o sistema de predição de níveis, procurando uma forma de melhorar e adaptá-lo para que seja possível utilizá-lo em qualquer videogame para fazer alterações nas mecânicas de jogo utilizando os dados dos biossensores.

3.10 Considerações Sobre o Capítulo

O desenvolvimento dessa pesquisa foi um processo que envolveu muitas etapas desde seu início até sua finalização. Algumas coisas precisaram ser refeitas ao longo dos estudos porque não se chegou aos resultados esperados, como foi o caso da padronização de emoções, que é apresentada ao longo deste documento. Outras etapas extras acabaram sendo acrescentadas, como foi o caso da aplicação prática do uso de *biofeedback* para controlar o jogo do Pac-Man.

Enfim, mesmo com alguns contratemplos e mudanças de planos no meio do caminho, foi possível finalizar a pesquisa e chegar aos objetivos desejados com ela.

Capítulo 4

Recolha de Dados e Estudo de Campo

Neste capítulo são apresentadas as etapas que foram utilizadas para a coleta dos dados tanto do videogame quanto dos biossensores e como isso convergiu para a utilização desses dados para o controle do videogame através do uso de *biofeedback*.

Como foi definido no início desse documento, o objetivo dessa pesquisa é encontrar uma maneira de oferecer ainda mais imersão aos jogadores de videogames para que possam desfrutar ao máximo cada videogame de uma forma única para cada um. Para atingir esse objetivo era necessário criar algo prático, para que além da teoria pudesse ser evidenciado, foi assim que surgiu o jogo do Pac-Man autoconfigurado baseando-se no comportamento das ondas de EDA do jogador.

Para que fosse possível testar um modelo de game design evolutivo e capaz de interagir com os sinais recebidos por *biofeedback* foi necessário adaptar o jogo do Pac-Man para que fosse capaz de receber configurações externas de mais de uma fonte, já que a princípio havia sido alterado para receber as configurações através da plataforma BrainAnswer. Então foi criada uma opção para que o jogo fosse capaz de ler um arquivo de configurações criado pelo sistema preditor de níveis. Assim, caso o jogo não encontrasse nenhum arquivo de configurações criado pelo sistema preditor, utilizaria como padrão os valores recebidos através da plataforma.

São apresentadas todas as atividades necessárias para a coleta de dados e estudo de campo. Nos capítulos anteriores foi apresentado como os dados eram coletados e armazenados a nível de software, neste, o foco é apresentar como foi a interação física com as pessoas que participaram dos experimentos e quais foram os equipamentos utilizados.

Aqui é apresentada a parte operacional do projeto. Iniciando com uma apresentação do que foi o estudo de campo, qual a sua importância para a pesquisa e quais foram as etapas em que foi realizado. Em seguida é feita a apresentação da estação de coleta de dados, onde é explicado o que é e quais seus componentes.

Na sequência estão os procedimentos realizados para coleta de dados, fazendo uma apresentação de como as pessoas participavam do experimento e como era a colocação dos biossensores antes de iniciar a coleta.

Também é apresentado como foi o procedimento logístico para o transporte e instalação das estações de coleta de dados durante os experimentos e no final do capítulo é apresentado o perfil dos voluntários que participaram da segunda etapa do experimento e alguns dados estatísticos sobre os participantes.

A interação com as pessoas foi fundamental para esse estudo, já que a única maneira de recolher dados e de testá-los era com a participação de pessoas. O estudo de campo começou com a primeira coleta de dados no teste piloto. Nessa fase foram colhidos dados que posteriormente foram analisados e deram origem ao sistema de predição de níveis baseado nos dados de *biofeedback*.

Sem essa primeira coleta seria impossível saber como as pessoas reagem a determinados eventos durante o tempo que estão jogando. Assim, com o experimento piloto finalizado, os dados analisados e com o sistema de predição de níveis pronto, foi preciso realizar mais testes para poder relacionar os dados dos dois experimentos e assim procurar responder às questões levantadas no início da pesquisa.

Dessa forma, a última parte do estudo de campo foi colocar em prática o sistema de predição de níveis e posteriormente analisar se com um software analisando o *biofeedback* do jogador e configurando o jogo de forma a manter um equilíbrio entre excitação, domínio e satisfação apresentaria um bom resultado. Na próxima seção são apresentadas informações sobre a estação de coleta de dados.

4.1 Definição de um Videojogo para o Estudo

Para que fosse possível fazer os testes de *biofeedback* era necessário um videogame e para isso havia duas opções, desenvolver um desde o início ou então procurar por algum projeto de videogame de código aberto que possuísse uma jogabilidade simples. Por razões de tempo de desenvolvimento, foi optado-se por procurar algum projeto que pudesse ser adaptado. Com uma pesquisa pelos repositórios do GitHub, uma plataforma para hospedagem e controle de versão de código-fonte, encontrou-se no repositório de Ilbeyli (2017) uma versão clone do jogo Pac-Man. Como era um jogo que se encaixava nas expectativas iniciais, optou-se por fazer uma adaptação a esse projeto.

O projeto foi criado com o motor de jogo Unity e encontra-se escrito na linguagem de programação C#. Possui algumas alterações em relação a versão original, mas em sua essência mantém as características do jogo original. Na Figura 4.1 pode ser vista a interface gráfica da versão clone do jogo.

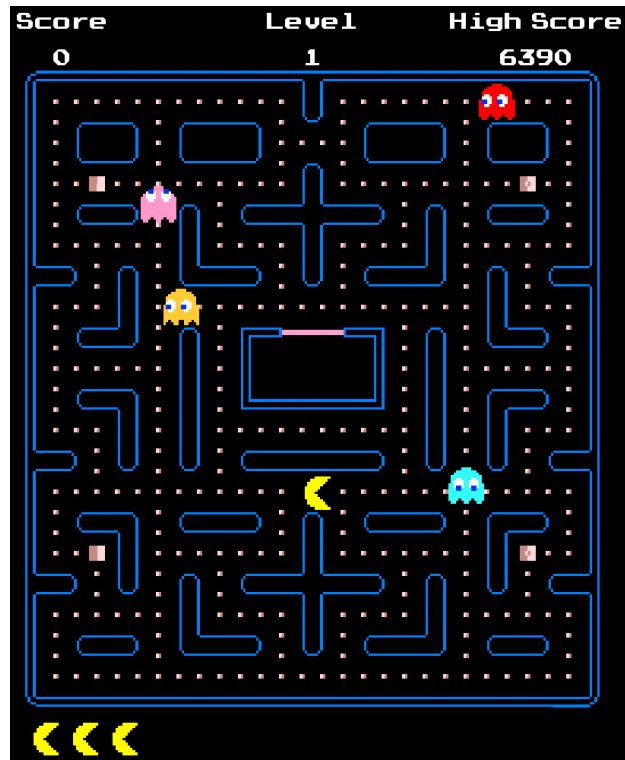


Figura 4.1: Interface gráfica do jogo utilizado nos testes.

4.1.1 Mecânica de Funcionamento do Pac-Man

O jogo original, Pac-Man, é um videogame japonês da empresa Namco criado por Tōru Iwatani no início dos anos 1980. Quando foi criado era um videogame para Arcade, mas como acabou se tornando um jogo muito popular ganhou versões para diversos consoles e inclusive existem versões para as plataformas atuais. No Japão foi batizado como Puckman e quando recebeu a versão americana em 1982 passou a ser conhecido como Pac-Man. (BANDAI NAMCO Entertainment, 2016)

A mecânica do jogo consiste em mover o personagem pelo labirinto para coletar todas as bolinhas que estão espalhadas pelos corredores. A movimentação é simples, pois é feita apenas nos eixos X e Y. Para dificultar o jogo, existem quatro inimigos que possuem a forma de fantasmas e perseguem o Pac-Man. Cada um possui uma lógica diferente em sua inteligência artificial para executar a perseguição ao Pac-Man. Espalhados no labirinto existem algumas bolinhas maiores que dão um poder extra ao Pac-Man, permitindo coletar os fantasmas. Quando esse poder é ativado os fantasmas começam a piscar com a cor azul e alteram o modo de perseguição para o modo de fuga.

Nesse jogo o Pac-Man possui quatro inimigos representados por fantasmas. O objetivo dos inimigos é conseguir capturar o Pac-Man e cada um possui um nome e uma lógica própria para

isso. De acordo com a documentação original do jogo compilada por Pittman (2006), a lógica de movimentação dos fantasmas é:

Blinky, o fantasma vermelho, segue o Pac-Man durante todo tempo do jogo. Seu alvo está no bloco atual em que o Pac-Man está. Na Figura 4.2 pode ser visto com mais detalhes sua lógica de movimentação ao perseguir o Pac-Man.

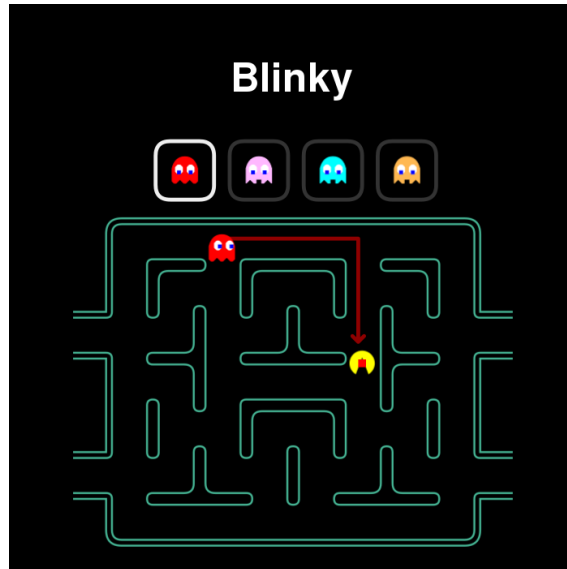


Figura 4.2: Lógica da IA do fantasma vermelho (Blinky) no jogo Pac-Man.

Pinky, o fantasma rosa, vai sempre ter como alvo um ponto em 32 pixels a frente da boca do Pac-Man, ou considerando em blocos, será usando uma matriz de 4x4 blocos. Na Figura 4.3 pode ser visto com mais detalhes sua lógica de movimentação ao perseguir o Pac-Man.

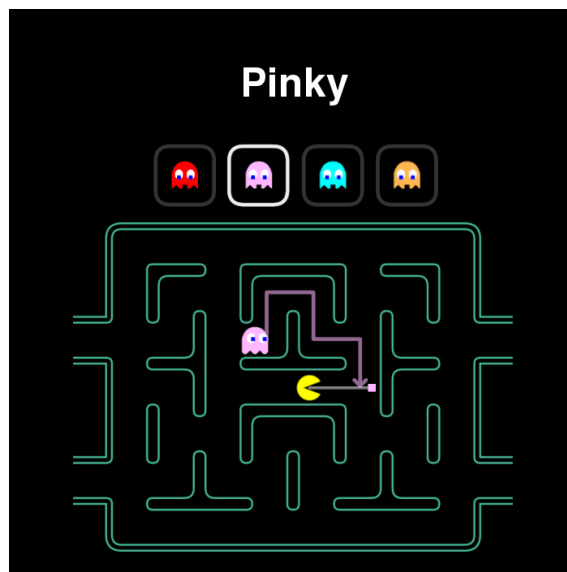


Figura 4.3: Lógica da IA do fantasma rosa (Pinky) no jogo Pac-Man.

Inky, o fantasma ciano, possui uma característica diferente, além de utilizar o bloco em que o Pac-Man está, usa a posição do fantasma vermelho no cálculo. Seu cálculo inicia considerando dois blocos a frente da boca do Pac-Man, então gera um vetor da posição do Blinky até esse bloco, em seguida esse vetor é duplicado, definindo assim o alvo do Inky. Na Figura 4.4 pode ser visto com mais detalhes sua lógica de movimentação ao perseguir o Pac-Man.

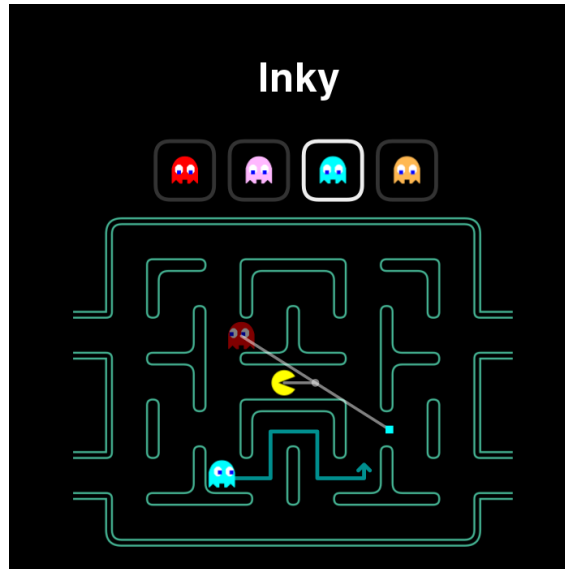


Figura 4.4: Lógica da IA do fantasma ciano (Inky) no jogo Pac-Man.

Clyde, o fantasma amarelo, utiliza dois modos de movimentação. Caso esteja mais distante do Pac-Man, no caso a oito blocos de distância ou mais vai utilizar a mesma lógica do Blinky, mirando para o bloco em que o Pac-Man está, ao contrário irá mirar no primeiro bloco da última linha do labirinto. Na Figura 4.5 pode ser visto com mais detalhes sua lógica de movimentação ao perseguir o Pac-Man.

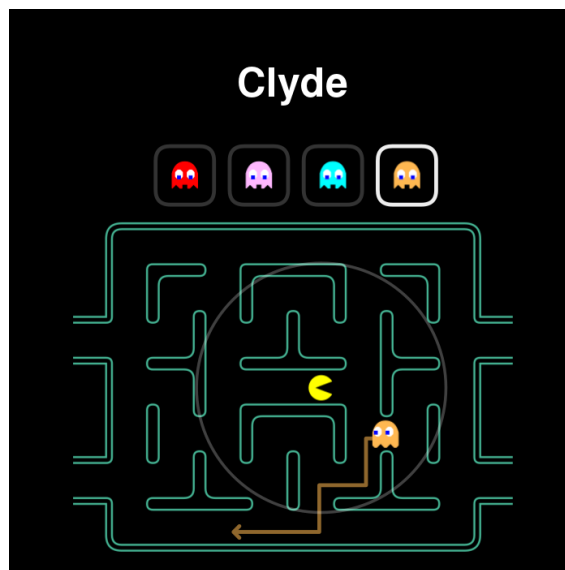


Figura 4.5: Lógica da IA do fantasma amarelo (Clyde) no jogo Pac-Man.

4.1.2 Por que o Pac-Man?

O Pac-Man foi escolhido por ser um videogame conhecido por muitas pessoas. Mesmo sendo um jogo com quase quarenta anos, até os dias de hoje existem versões mobile e ainda é jogado. Possui uma jogabilidade muito simples, como não tem muitas regras é fácil de as pessoas assimilarem como jogá-lo.

Outro fator importante para a escolha do Pac-Man é poder jogá-lo com apenas uma das mãos, enquanto a outra fica totalmente livre para a colocação dos biossensores. Assim a pessoa não vai ficar mexendo a mão que está com biossensores evitando assim uma interferência nos dados.

Portanto, o Pac-Man reuniu todos os pontos que eram necessários para esse estudo, que eram: ser um jogo simples, muito emblemático, transgeracional, ter uma mecânica simples, poder ser jogado com apenas uma das mãos e possuir uma versão em código aberto que permitiu o controle de todas as suas variáveis. Assim foi apenas necessário fazer algumas alterações para ser utilizado junto com os biossensores. Além disso, considerando que seja possível, através do uso de *biofeedback*, melhorar a carga emocional de um jogo tão simples e limitado, para os padrões atuais, também é possível extrapolar que o fará com mais impacto em jogos mais complexos na narrativa, mecânica, gráficos e tecnologia.

4.1.3 Modificações Necessárias

Para que fosse possível utilizar a versão do jogo do Pac-Man nos experimentos, foram necessárias algumas mudanças no código fonte. Para a primeira etapa do experimento, precisou ser adicionada uma opção para que o videogame fosse capaz de produzir e gravar os logs das variáveis durante as gameplays.¹

Também foi necessário introduzir uma opção para que o videogame fosse capaz de receber configurações via linha de comandos durante sua inicialização. Essa foi a primeira versão de leitura de configurações externas. Isso precisou ser adicionado para que fosse possível definir as configurações do videogame através da plataforma BrainAnswer e então quando fosse iniciado usaria esses dados.

Foram adicionadas várias variáveis capazes de serem alteradas através da plataforma. É possível alterar no videogame as velocidades do Pac-Man e a dos fantasmas, o número de vidas do Pac-Man, o número de *power-ups* que vão aparecer no cenário e se ao iniciar o jogo os dados de recorde de pontuação serão reiniciados.

¹ato de jogar um videogame; maneira como um videogame é jogado; a jogabilidade de um videogame; captura de vídeo de um videogame

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Para a segunda etapa de experimentos foi preciso fazer mais algumas alterações na forma como o jogo carregava as configurações, porque nesses experimentos era necessário que o jogo fosse capaz de receber as configurações da primeira fase vindas da plataforma BrainAnswer e para as fases seguintes deveria ser capaz de ler um arquivo de configurações gerado pelo sistema de predição de níveis.

Assim, com todas essas alterações essa versão do Pac-Man passou a ser capaz de produzir logs que por sua vez foram usados pelo sistema de predição que os utilizava junto com os dados dos biossensores para gerar as configurações da próxima fase que então voltaram para o jogo. E isso permitiu que fosse possível ter uma aplicação prática do uso de *biofeedback* para o balanceamento e motivação de um videogame.

4.1.4 Definição das Variáveis de Jogo

Como foram criadas três configurações diferentes para os testes, a forma escolhida foi o envio de parâmetros através da plataforma BrainAnswer ao jogo, para que este se comportasse da forma desejada. A configuração dos jogos é feita com a utilização de dois grupos de variáveis, que foram chamadas de **Variáveis Dependentes** e **Variáveis Independentes**.

O grupo **Variáveis Dependentes** é o grupo de variáveis que dependem de parâmetros antes da inicialização do jogo. Para esse grupo foram definidas apenas duas variáveis para alterar a complexidade do jogo, que são:

1. **Velocidade dos fantasmas:** movimentação dos inimigos em unidades do cenário por frame;
2. **Número de *power-ups*:** itens que tornam o Pac-Man imune os inimigos permitindo que seja possível caçar os inimigos e fazer pontos com isso.

Já o grupo **Variáveis Independentes** é o grupo de variáveis que só podem ser alteradas durante a programação e depois ficam fixas para os testes. Dentre essas destacam-se:

1. **Velocidade do Pac-Man:** movimentação do Pac-Man em unidades do cenário por frame;
2. **Mapa:** cenário do videogame;
3. **Comportamento dos Fantasmas:** movimentação predefinida para a inteligência artificial;
4. **Número de Fantasmas:** total de inimigos no cenário em cada fase;
5. **Número de vidas do Pac-Man:** total de tentativas possíveis ao jogador para cada fase jogada.

Optou-se por trabalhar com a variação de apenas duas variáveis para diminuir a complexidade

na avaliação dos dados, com isso, pode se resumir que essas duas variáveis se tornam apenas uma, que é a complexidade do jogo.

Dessa forma, a análise dos dados teve como foco observar como cada utilizador reagiu a cada um dos três níveis de complexidade. Para isso foram cruzados os dados dos logs do jogo com os dados dos questionários respondidos pelos utilizadores, com os dados recolhidos pelos sensores fisiológicos, para assim procurar um padrão entre o evento de ativação e a emoção do utilizador.

Definiu-se como evento de ativação os pontos no jogo que geram disparos emocionais no utilizador, podendo ser um aumento no suor das mãos, aumento ou redução da frequência cardíaca, entre outros. Dentre os quais destacam-se:

1. **Aproximação entre os fantasmas e o Pac-Man:** quando o Pac-Man e os inimigos estão em uma possível rota de colisão;
2. **Pac-Man utiliza um *power-up*:** quando os inimigos ficam vulneráveis ao Pac-Man;
3. **Pac-Man come um fantasma:** quando o Pac-Man está sob o efeito de um Power-Up e colide com um inimigo;
4. **Pac-Man morre:** quando o Pac-Man não está sob o efeito de um Power-Up e colide com um inimigo.

4.1.5 Experimentos com o Jogo do Pac-Man

Durante o desenvolvimento desse estudo foram realizadas duas etapas de experimentos. A primeira com o objetivo de produzir material suficiente para que fosse possível observar os padrões básicos de comportamento nas curvas dos biossensores. Já a segunda etapa dos experimentos foi procurando aplicar o conhecimento adquirido com a primeira etapa, utilizando o *biofeedback* para auxiliar no balanceamento do jogo do Pac-Man.

4.1.6 Primeira Etapa

Para a execução do jogo do Pac-Man na da primeira etapa dos experimentos foram definidas algumas atividades que deveriam ser repetidas para cada pessoa que participasse como voluntária. A Figura 4.6 apresenta um fluxograma com essa sequência e em seguida são apresentados os detalhes dessas atividades.

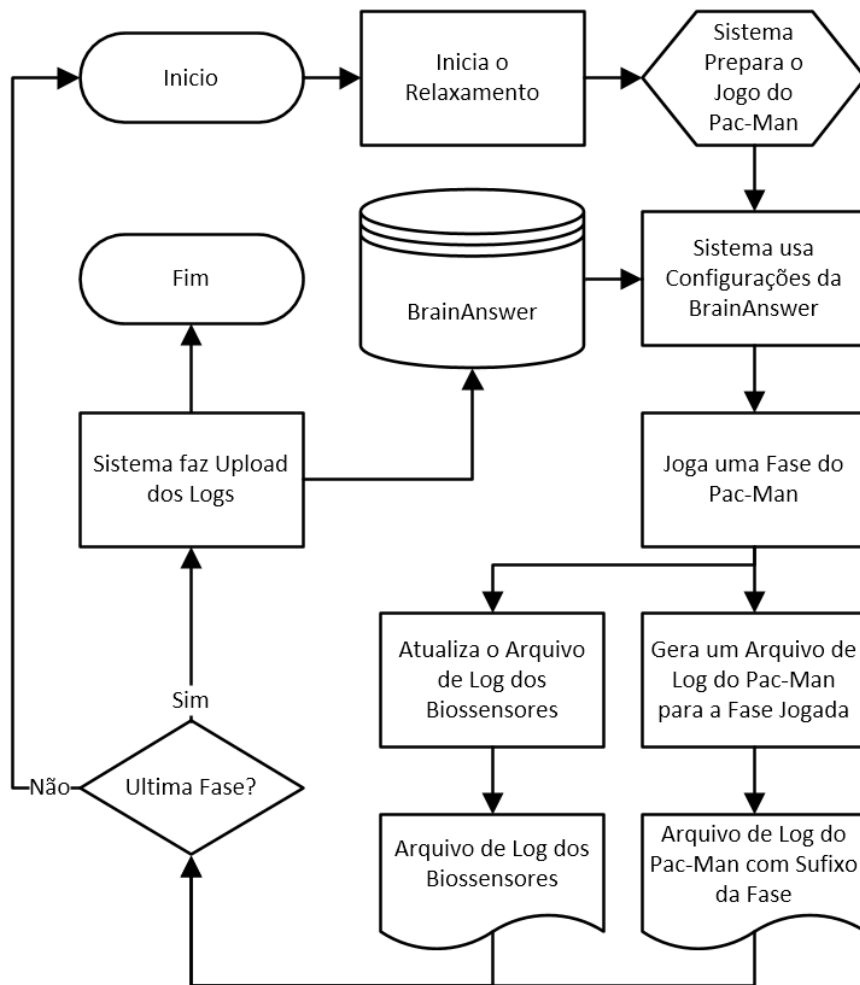


Figura 4.6: Fluxo de Atividades Durante os Experimentos com o Jogo do Pac-Man: Primeira Etapa.

Antes do início de cada uma das fases do jogo o voluntário passa por um exercício de relaxamento para fique com um estado emocional mais estável e mais relaxado. Após o relaxamento a plataforma BrainAnswer inicia a preparação do jogo do Pac-Man, nesse momento os dados de configuração são carregados pela plataforma e passados como parâmetros para o jogo.

Após o carregamento das configurações é iniciada uma fase do Pac-Man, então o voluntário joga e ao final são gerados dois arquivos de log, um com os dados do jogo, referentes a fase atual e outro com os dados dos biossensores, mas esse segundo é apenas atualizado caso essa ainda não seja a última fase, porque os logs dos biossensores são gravados em um único arquivo para todas as atividades do experimento para cada voluntário.

Caso não seja a última fase, todo esse ciclo é iniciado novamente até que seja finalizada a última fase, onde então o sistema faz o upload dos logs do jogo e dos biossensores para o servidor da BrainAnswer e as atividades de coleta de dados do jogo são finalizadas.

Para validar que, as alterações das variáveis causam variações nas emoções dos utilizadores, optou-se por deixar a ordem dos dois últimos jogos aleatórias, para que o utilizador não tenha uma escala progressiva de dificuldade, mas ainda assim tenha um período de adaptação ao jogo, visto que nem todos que participaram do experimento haviam o jogado antes. Assim fica mais visível qual foi o impacto em aumentar ou diminuir a complexidade do jogo.

Para essa etapa foram criadas três configurações diferentes para o jogo, onde:

1. **Jogo V1:** Definiu-se uma configuração (C1) que foi considerada jogável até para os menos experientes, onde a velocidade dos fantasmas é inferior a metade da velocidade do Pac-Man. Essa configuração sempre é a primeira para todos os utilizadores;
2. **Jogo V2:** Utiliza a configuração (C2) que tem como base a configuração (C1) e o que as diferencia é um aumento na velocidade dos fantasmas, onde agora passa a ser igual a velocidade do Pac-Man;
3. **Jogo V3:** Utiliza a configuração (C3) que tem como base a configuração (C2), nesse caso a diferença é uma redução de 50% nas recompensas, ou seja, o utilizador só possui a sua disposição para coleta, duas unidades de energético, que deixam os fantasmas vulneráveis.

Portanto, essas foram as atividades necessárias para a coleta de dados do videojogo durante as recolhas da primeira etapa dos experimentos. Na próxima seção são apresentados os passos utilizados durante a segunda etapa do experimento.

4.1.6.1 Segunda Etapa

Durante a segunda etapa dos experimentos a sequência de atividades para a execução do Pac-Man foram um pouco diferentes. Nessa etapa já estavam sendo utilizados os dados de *biofeedback* para o balanceamento do jogo, onde as configurações eram criadas com base nos dados dos biossensores e dados do jogo. Na Figura 4.7 é exibido um fluxograma com as atividades necessárias para a execução do jogo do Pac-Man na segunda etapa do experimento.

O início é bem parecido com o da fase anterior, nessa o voluntário também inicia com uma etapa de relaxamento antes de jogar cada uma das fases. Mas na sequência começam a surgir as primeiras diferenças. Na segunda fase dos experimentos apenas a primeira fase do jogo utilizava configurações da plataforma, as outras duas fases utilizavam as configurações geradas pelo sistema de predição de níveis.

Antes de iniciar a fase o sistema verificava se era a primeira fase, caso fosse, primeiramente apagava qualquer configuração que estivesse salva, isso porque poderia haver lixo de jogos anteriores. Então o próximo passo, independente da fase era verificar se existe um arquivo de configurações gerado pelo preditor de níveis, caso houvesse, era carregado e caso não existisse

então o sistema carregava as configurações da plataforma.

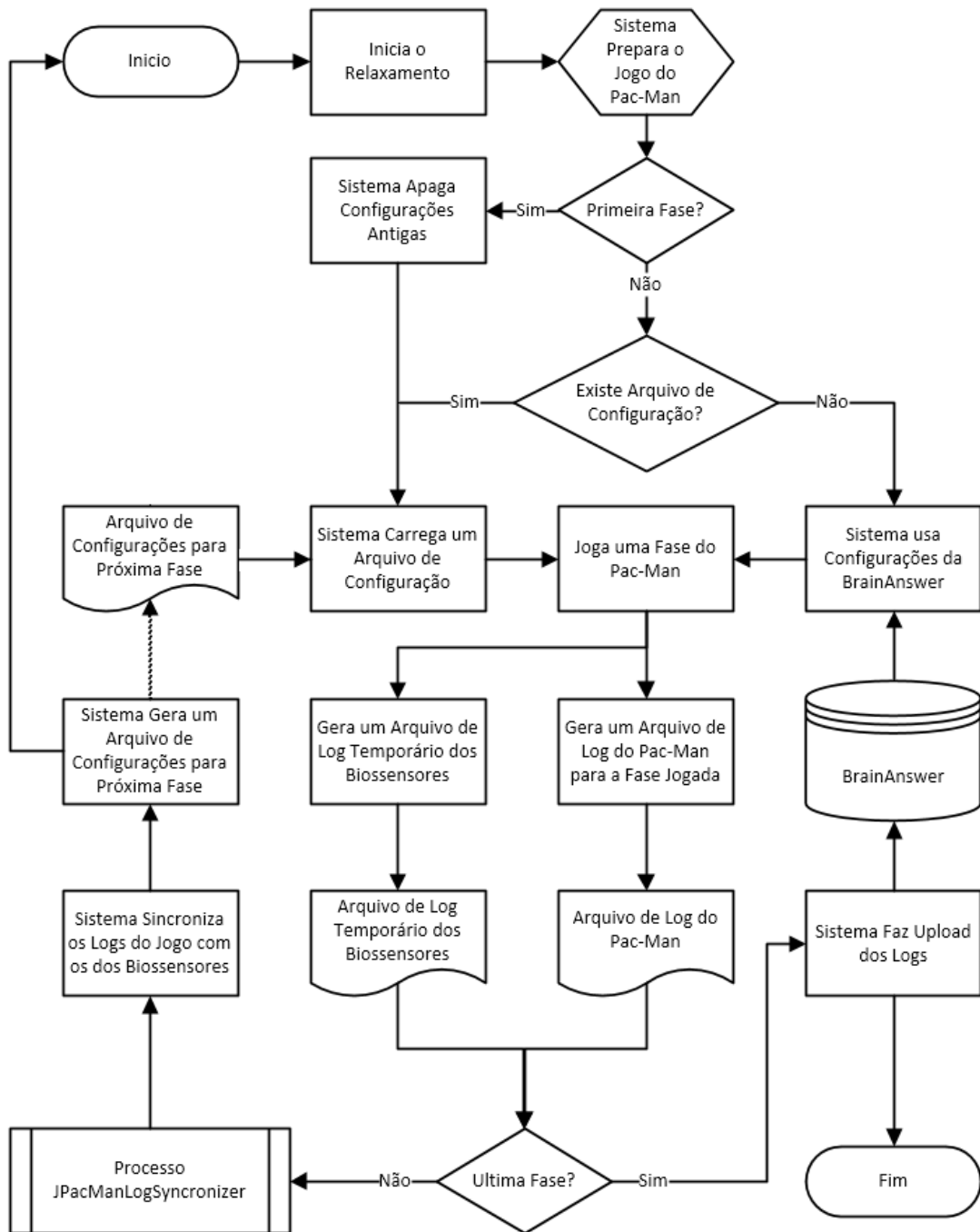


Figura 4.7: Fluxo de Atividades Durante os Experimentos com o Jogo do Pac-Man: Segunda Etapa.

Feito isso, o voluntário jogava a fase e ao finalizar e novamente, assim como na versão anterior, eram gerados dois arquivos de log, um do jogo e outro dos biossensores. O que diferenciava nessa segunda etapa era que ao jogar uma fase, ao invés de simplesmente iniciar a outra, agora o sistema enviava os dados dos logs para o sistema de predição de níveis que os analisava e gerava as configurações para a próxima fase.

Nesse momento, caso ainda não fosse a última fase do jogo, o JPacManLogSynchronizer fazia a sincronização dos logs do jogo com os logs dos biossensores e então com esses dados fazia uma análise e gerava as configurações da próxima fase. Os detalhes do funcionamento do sistema de predição são apresentados na Seção 4.2.

Por fim, caso não fosse a última fase esse ciclo era repetido até que a última fase fosse jogada, então o sistema fazia o upload dos logs das três fases do Pac-Man e dos dados dos biossensores. E assim eram finalizadas as atividades do Pac-Man.

4.1.7 Processo de Coleta de Logs

O processo de coleta de logs tem início assim que o jogo é iniciado. Então, passam a ser gravados periodicamente em um arquivo de log o estado de todas as variáveis do jogo que foram consideradas importantes, para que, futuramente possam ser analisadas estatisticamente para descoberta de conhecimento. Esse arquivo de log é gravado separado dos logs dos biossensores, isso foi necessário porque são dois softwares produzindo dados ao mesmo tempo, mas com durações diferentes porque cada fase do jogo possui um arquivo de log enquanto os biossensores têm um arquivo de log para o processo todo.

Como o jogo criado para o estudo não tinha ligação com a plataforma, os dados recolhidos precisaram ser trabalhados em outro software antes de serem enviados para o servidor. Para sincronizar os logs do jogo com os dos biossensores foi utilizado o software JPacManLogSynchronizer, que é responsável pela sincronização dos logs e por fazer a predição do nível de dificuldade da próxima fase do jogo. O sistema de predição é apresentado com mais detalhes na Seção 4.2.

Após todos esses passos, a versão final dos arquivos de log de cada um dos jogos é gerada e ao mesmo tempo é gerado um arquivo de configuração para a próxima fase do jogo. Isso acontece de forma rápida e é um dos passos dentro do protocolo do experimento. Ao finalizar a seção do teste, todos os dados recolhidos e trabalhados são enviados para o servidor da BrainAnswer, onde os dados dos biossensores ficam à disposição para análise, enquanto os dados dos jogos precisam ser visualizados em outros softwares, nesse caso, também foi utilizado o JPacManLogSynchronizer para essa tarefa.

4.2 JPacManLogSynchronizer - Sistema de Sincronização e Predição de Níveis

O JPacManLogSynchronizer foi um software feito em Java e criado durante a pesquisa inicialmente com o objetivo de sincronizar os logs do jogo com os logs dos biossensores, gerados pela plataforma BrainAnswer, mas com a necessidade da análise e interpretação dos dados dos jogos, foram sendo adicionadas novas funcionalidades. Assim acabou sendo usado para fazer a sincronização dos logs, fazer a predição dos níveis de dificuldade e para a criação de gráficos com o cruzamento de dados dos biossensores com os dados dos jogos.

4.2.1 Sincronização dos Logs

Como foi apresentado na Subseção 4.1.7, existiu a necessidade de sincronizar os dados coletados dos biossensores com os dados dos jogos para que assim fosse possível analisar o comportamento dos sinais fisiológicos dos jogadores em pontos específicos dos jogos.

Foi necessária a criação de mais de um arquivo de log porque o software da BrainAnswer faz a leitura dos dados dos biossensores utilizando uma comunicação direta com o Bitalino, o que não permitia que outro software abrisse um canal de comunicação direto. Outro ponto é que o jogo não faz parte da plataforma, apenas a utiliza para a coleta de dados, sendo assim, quem deve se adaptar é o jogo.

O software da BrainAnswer faz a coleta dos dados dos biossensores durante todos os passos do protocolo do experimento, enquanto o jogo faz a coleta dos logs a cada execução, assim, como são três fases, são gerados três arquivos de logs, um para cada fase. Para facilitar a sincronização, os logs do jogo são atualizados na mesma frequência que os dos biossensores, no caso desse estudo optou-se por usar a frequência de 1000Hz. No entanto, a leitura das variáveis dentro do jogo é feita a uma frequência de 60Hz, isso porque valores maiores iriam causar perda de desempenho no jogo e não existe variação nos dados acima dessa frequência.

Assim, ao final de cada fase o sincronizador recebe como entrada o log dos biossensores e o log do jogo e, com base no timestamp dos logs e frequência de atualização, faz um merge entre os dois e deixa no log dos biossensores um intervalo de 10 segundos antes e depois do jogo, para que seja possível identificar como estava a tendência das curvas quando o jogo iniciou e depois que terminou.

4.2.2 Predição dos Níveis de Dificuldade

Outra tarefa do software foi fazer a predição dos níveis de dificuldade para as próximas fases. Como o único biossensor disponível no início da pesquisa foi o sensor de EDA, optou-se por compensar a falta de informação de outros sensores fisiológicos utilizando informações referentes ao desempenho do jogador, tais como, se conseguiu ou não vencer o jogo, se procurava matar ou se corria dos fantasmas, entre outras que serão apresentadas a seguir.

Para facilitar o sistema de tomada de decisões, cada uma das variáveis é representada por um valor binário, onde no final, todas formam uma sequência binária, que por sua vez é utilizada como parâmetro de entrada para uma função que utiliza lógica Fuzzy, onde cada possível nível pode ter uma ou mais sequências binárias associadas. Essa sequência é explicada mais à frente. As variáveis utilizadas para a predição da configuração da próxima fase, assim como a forma utilizada para a criação do próximo nível são apresentadas próxima seção.

4.3 Projeto Prático de *Biofeedback* Emocional na Evolução do Game Design

Como foi definido no início desse documento, o objetivo dessa pesquisa é encontrar uma maneira de oferecer ainda mais imersão aos jogadores de videogames para que possam desfrutar ao máximo cada videogame de uma forma única para cada um. Para atingir esse objetivo era necessário criar algo prático, para que além da teoria pudesse ser evidenciado, foi assim que surgiu o jogo do Pac-Man auto configurado baseando-se no comportamento das ondas de EDA do jogador.

Para que fosse possível testar um modelo de game design evolutivo e capaz de interagir com os sinais recebidos por *biofeedback* foi necessário adaptar o jogo do Pac-Man para que fosse capaz de receber configurações externas de mais de uma fonte, já que a princípio havia sido alterado para receber as configurações através da plataforma BrainAnswer. Então foi criada uma opção para que o jogo fosse capaz de ler um arquivo de configurações criado pelo sistema preditor de níveis. Assim, caso o jogo não encontrasse nenhum arquivo de configurações criado pelo sistema preditor, utilizaria como padrão os valores recebidos através da plataforma.

4.3.1 Definição das Variáveis de Controle

Encontrar uma maneira de controlar o jogo através do uso de *biofeedback* ativo não foi uma tarefa simples. Foram pensadas e estudadas várias formas. O principal problema estava em que somente os valores da curva de EDA estavam disponíveis para uso e tudo o que foi encontrado na literatura sempre chegavam a mesma conclusão, que somente a curva de EDA não era suficiente para definir uma emoção. Para contornar esse problema foi que então surgiu a ideia de utilizar comportamentos do jogador durante o gameplay como forma de possivelmente identificar a razão dos comportamentos da curva de EDA.

No início foram encontrados vários comportamentos que poderiam ser considerados como razões para a alteração da curva de EDA, mas como o objetivo do projeto fazer com que o jogo fosse controlado por *biofeedback* e o que estava disponível era apenas dados de um biossensor, optou-se por limitar o número de variáveis do jogo para o que realmente fizesse a diferença fossem os sinais fisiológicos do jogador.

Assim, dentre as várias opções encontradas iniciou-se um processo de seleção para procurar utilizar as que causam mais impacto. Com isso, foram selecionadas cinco variáveis relacionadas ao gameplay, que são:

1. estado emocional do jogador;
2. performance do jogador;
3. controle de jogo do jogador;
4. perfil do jogador;
5. estratégia no uso de *power-ups*.

A descrição detalhada das variáveis assim como a sua forma de utilização será apresentada na sequência nas próximas subseções.

4.3.1.1 Estado Emocional do Jogador

O objetivo dessa variável é tentar representar como o jogador estava se sentindo durante o jogo. Foi a forma encontrada para identificar se o jogador estava ativo ou não durante o jogo. Assim, para essa variável foi definido apenas dois valores possíveis, “Excitado” com representação binária de 1 e “Relaxado” com representação binária de 0. Essa definição partiu do princípio que se o jogador está ativo no jogo vai apresentar uma curva de EDA crescente, então houve uma excitação do jogador e quando relaxa a curva é decrescente.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Para definir em qual estado o jogador se encontra, foi utilizada a curva de EDA do jogador durante o jogo. A curva foi dividida em três partes iguais e dessas, a primeira é descartada, isso porque foi observado na primeira fase de coleta de dados que a maioria dos jogadores apresenta um pico na curva de EDA durante o carregamento do jogo e depois a curva volta a sua posição anterior. Então por isso optou-se por usar apenas as duas partes seguintes.

A seguir foi utilizado o Modelo de Regressão Linear Simples utilizando o Método dos Mínimos Quadrados para gerar a Reta de Regressão Estimada que utiliza a função:

$$y = mx + b$$

Onde m representa a inclinação da linha de regressão estimada e b a intersecção.

Com a regressão linear dados da curva de EDA calculados, ainda era preciso encontrar o valor em ângulos da inclinação da linha de regressão, para isso, foi calculado o arco da tangente de m , assim foi encontrado o valor da inclinação em radianos e então foi aplicada a conversão de radianos para ângulos.

Com esses dados calculados, definiu-se que quando as duas partes finais da curva apresentassem uma inclinação positiva o estado emocional seria definido como “Excitado” e caso contrário o estado emocional seria definido como “Relaxado”.

Essa decisão foi tomada porque como foi observado nas primeiras amostras, a curva de EDA dos jogadores tende a subir quando não tem domínio total sobre o jogo, onde jogam sob pressão e também sobe em momentos de euforia, já a queda na curva acontece quando o jogador tem o domínio total sobre o jogo e quando perde o interesse e desiste de jogar.

Assim, como existem mais de um motivo para a variação na curva de EDA, foram utilizadas algumas variáveis relacionadas ao comportamento e desempenho do jogador durante o jogo para fazer esse balanceamento e procurar chegar o mais próximo possível do real motivo do comportamento da curva.

Na Figura 4.8 é ilustrado com alguns gráficos e tabelas a forma de como são feitos os cálculos apresentados anteriormente para a definição do estado emocional do jogador. Para fins didáticos de representação do algoritmo de definição do estado emocional do jogador o modelo a seguir junto com os quadros apresentados na sequência foram elaborados com dados fictícios, isso porque nos dados reais, cada segundo de gravação possui 1000 linhas de registros nos arquivos de log.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

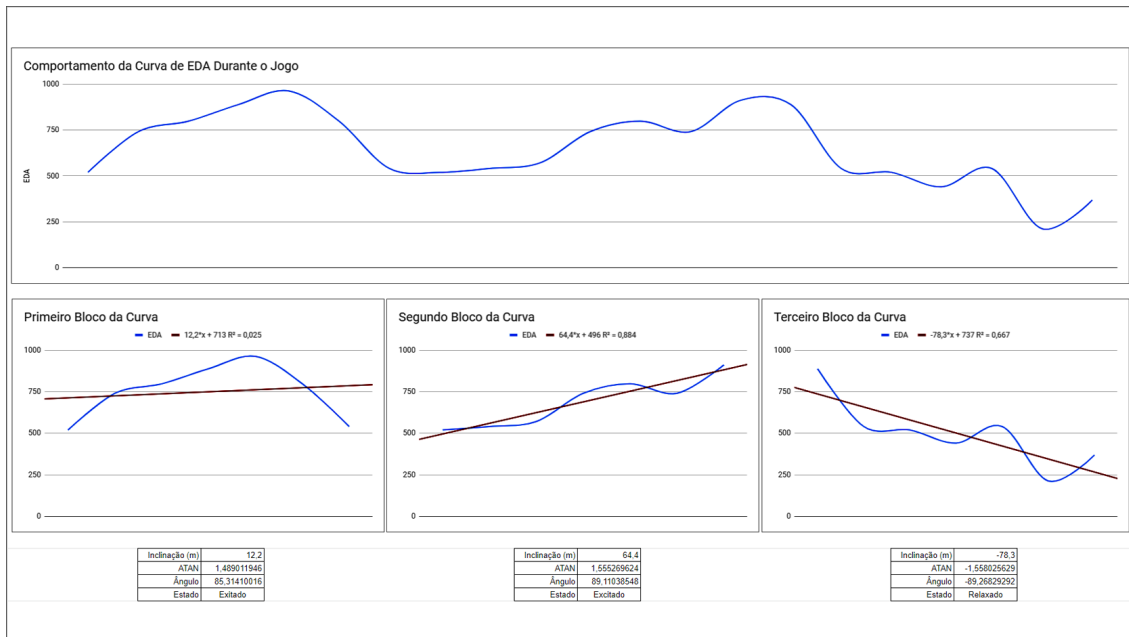


Figura 4.8: Exemplo dos cálculos para a curva de EDA.

O primeiro passo é o recebimento da curva de EDA do jogador ao final da fase. Para este exemplo está representada pelo conjunto de valores:

$$\text{EDA} = \{520, 741, 798, 889, 963, 798, 541, 520, 541, 571, 741, 798, 741, 912, 888, 541, 520, 441, 541, 213, 369\}$$

Logo esse conjunto é subdividido em três novos conjuntos:

$$\text{primeiro_bloco} = \{520, 741, 798, 889, 963, 798, 541\}$$

$$\text{segundo_bloco} = \{520, 541, 571, 741, 798, 741, 912\}$$

$$\text{terceiro_bloco} = \{888, 541, 520, 441, 541, 213, 369\}$$

Em seguida cada um desses conjuntos de dados alimenta uma função de regressão linear e então extrai-se o valor da inclinação da linha de regressão estimada (m). Para este exemplo os valores de m encontrados são:

$$m_{\text{primeiro_bloco}} = 12,2$$

$$m_{\text{segundo_bloco}} = 64,4$$

$$m_{\text{terceiro_bloco}} = -78,3$$

O passo seguinte é encontrar o arco da tangente de cada um dos valores de m . Então para este exemplo os valores são:

```
atan_primeiro_bloco = 1,489011946  
  
atan_segundo_bloco = 1,555269624  
  
atan_terceiro_bloco = -1,558025629
```

Estando com os valores do arco da tangente de cada um dos subconjuntos, é necessário transformar esses valores em ângulos, então para esse exemplo os valores são:

```
angulo_primeiro_bloco = 85,31410016  
  
angulo_segundo_bloco = 89,11038548  
  
angulo_terceiro_bloco = -89,26829292
```

Assim, seguindo a lógica estabelecida para esse estudo, caso o ângulo de inclinação da curva seja positivo o estado emocional é “Excitado” e caso seja negativo o estado emocional é “Relaxado”, para esse exemplo os valores por bloco são:

```
estado_emocional_primeiro_bloco = Excitado  
  
estado_emocional_segundo_bloco = Excitado  
  
estado_emocional_terceiro_bloco = Relaxado
```

Para finalizar o algoritmo, o primeiro bloco é ignorado e então caso os dois últimos blocos possuam um ângulo positivo na inclinação da curva o estado emocional do jogador é definido como “Excitado”, caso contrário é definido como “Relaxado”.

Então, neste exemplo o algoritmo retorna “Relaxado”, porque no final da fase houve uma queda na curva de EDA indicando um possível desinteresse por parte do jogador. E para poder procurar entender a razão desse comportamento, foram adicionadas as variáveis de *gameplay* que são apresentadas nas próximas subseções.

Esses cálculos foram feitos utilizando as bibliotecas Java:

1. *org.apache.commons.math3.stat.regression.SimpleRegression*
2. *java.lang.Math*

4.3.1.2 Performance do Jogador

A performance do jogador é utilizada para definir se conseguiu ou não vencer o jogo, então existem apenas dois valores, “Boa” com representação binária de 1 se venceu o jogo e “Ruim” com representação binária de 0 se perdeu.

O critério para a definição dessa variável foi utilizá-la para definir qual foi o possível motivo dos resultados das curvas. Assim, por exemplo, se o jogador perdeu e a curva de EDA estava com inclinação positiva, pode indicar que o jogador achou o jogo difícil, mas ainda assim continuou com entusiasmo. Já se perdeu e a inclinação estava negativa pode indicar que achou o jogo difícil e desistiu da fase. No caso do jogador vencer e a curva de EDA estar com inclinação positiva pode indicar que o jogador não dominou completamente o jogo mas ainda assim venceu e no caso do jogador vencer e a inclinação da curva ter sido negativa pode indicar que o jogo foi muito fácil e desmotivou o jogador.

O problema encontrado aqui foi uma ambiguidade no resultado do jogador vencer e ter a inclinação da curva positiva, porque também pode ter outro resultado além do jogador ter achado o jogo difícil, pode indicar que o jogador estava excitado com o nível de dificuldade, assim a curva de EDA tende a subir, mas o jogador não quer que o próximo nível seja mais fácil porque isso iria causar desinteresse. Esse foi um ponto observado com alguns jogadores que reclamaram de o jogo ter ficado mais fácil.

4.3.1.3 Controle de Jogo do Jogador

O controle de jogo do jogador foi utilizado para verificar quantas “vidas”, ou seja, tentativas, o jogador utilizou durante o jogo. Na configuração definida para esse estudo fixou-se em 3 o número máximo de vidas para cada jogo.

Para essa variável existem apenas dois valores, “Alto” com representação binária de 1 se o jogador finalizou o jogo sem utilizar nenhuma vida ou se utilizou apenas uma e “Baixo” com representação binária de 0 se o jogador utilizou mais do que uma vida durante o jogo.

O objetivo da definição dessa variável é de que seja complementar à performance do jogador. Assim fica mais visível se o jogador encontrou dificuldade no decorrer da fase ou não, porque se não perdeu nenhuma vida durante a fase pode ser um sinal que se adaptou ao desafio, dessa forma, se a curva de EDA estiver com inclinação positiva pode ser porque o jogador estava excitado com o desafio. Ainda assim não está livre de erros, isso porque o jogador pode por algum motivo se distrair e perder uma vida, mas isso é uma exceção à regra. O comportamento das curvas de EDA para os jogadores com controle de jogo Alto tendem a seguir a mesma lógica

dos jogadores com uma performance Alta.

4.3.1.4 Perfil do Jogador

O perfil do jogador foi utilizado para verificar se o jogador está preocupado com a pontuação máxima ou se está apenas interessado em finalizar o jogo o mais rápido possível. Essa variável é útil para identificar jogadores mais experientes e assim criar um desafio diferenciado para esse público.

Para essa variável existem apenas dois valores, “Caçador” com representação binária de 1 se o jogador pegou uma média de 3 fantasmas para cada *Power Up* consumido e “Fugitivo” com representação binária de 0 para outros valores.

Essa variável foi considerada porque com base em algumas observações na primeira coleta, pode ser identificado que alguns jogadores com mais experiência procuravam atrair vários fantasmas ao mesmo tempo para perto dos *power-ups* e assim, quando o consumiam conseguiam pegar o maior número possível de fantasmas e assim aumentar consideravelmente a pontuação no jogo. Então para esses casos, onde a pessoa gosta de desafio, criar um nível mais difícil parece ser uma boa opção.

Assim, para um jogador do estilo Caçador, se venceu e ficou com a inclinação da curva de EDA positiva, pode ser um sinal que gostou do desafio enquanto se a curva ficou negativa, pode ter considerado muito fácil e no caso de perder com uma curva positiva pode indicar que continuou sem desanimar enquanto que se a curva ficou negativa o desafio pode ter sido muito alto.

Enquanto para um jogador do estilo Fugitivo, se venceu e ficou com a inclinação da curva de EDA positiva, pode ser um sinal de que o desafio foi alto enquanto que, se a curva ficou negativa, pode ter considerado muito fácil e no caso de perder segue a mesma lógica do estilo Caçador.

4.3.1.5 Estratégia no Uso de *Power-ups*

A estratégia no uso de *power-ups* foi utilizada para verificar se o jogador tem alguma estratégia de jogo, como por exemplo, coletar todos os pontinhos perto de cada *power-up* de uma maneira uniforme ou se simplesmente sai coletando os *power-ups* para conseguir o maior número de pontos enquanto estão livres dos fantasmas.

Para essa variável existem apenas dois valores, “Balanceado” com representação binária de 1 se o jogador consumiu todos os *power-ups* com valores dentro de um intervalo médio de tempo

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

e “Randômico” com representação binária de 0 se o consumo dos *power-ups* foi com intervalos de tempo diferentes entre si.

Essa variável foi considerada porque, por exemplo, jogadores que consomem todos os *power-ups* no início do jogo só porque estão livres dos fantasmas, normalmente são os jogadores que não tem muito domínio sobre o jogo, assim, criar um nível mais fácil para essas pessoas pode trazer mais motivação para que continuem jogando. Considerando que o jogador com uma estratégia balanceada seja um jogador mais experiente, então a lógica do comportamento da curva de EDA é a mesma do jogador com estilo Caçador.

4.3.2 Lógica Utilizada para a Definição dos Níveis

Nessa subseção são apresentados os critérios e a lógica utilizada para a definição dos possíveis níveis de dificuldade que geram as configurações das próximas fases do jogo do Pac-Man. Para reduzir a complexidade, este assunto foi dividido em outras subseções, começando com uma explicação sobre a sequência binária, depois sobre o processo de simplificação de funções e para fechar são apresentadas as configurações finais geradas para cada um dos níveis de dificuldade.

4.3.2.1 Sequência Binária

Para que seja possível entender o processo de definição de níveis, o primeiro passo é entender o que é e como é formada a sequência binária. Essa sequência é formada por cinco dígitos, onde cada um dos dígitos pode conter apenas os valores 0 e 1, por isso recebeu o nome de sequência binária. Cada um desses dígitos corresponde a uma das variáveis de controle que foram definidas para a criação da configuração dos próximos níveis.

Na Tabela 4.1 são apresentadas as variáveis da sequência binária junto com seu significado.

Significado das Variáveis da Sequência Binária	
Variável	Significado
A	Estado Emocional do Jogador, onde 0 é “Relaxado” e 1 é “Excitado”
B	Performance do Jogador, onde 0 é “Ruim” e 1 é “Boa”
C	Controle de Jogo do Jogador, onde 0 é “Baixo” e 1 é “Alto”
D	Perfil do Jogador, onde 0 é “Fugitivo” e 1 é “Caçador”
E	Estratégia no Uso de <i>Power-ups</i> , onde 0 é “Randômico” e 1 é “Balanceado”

Tabela 4.1: Significado das variáveis da sequência binária

Para exemplificar, na Tabela 4.2 é apresentada uma sequência binária aleatória, onde cada um dos dígitos está representado por uma letra da mesma forma que foi apresentado na Tabela 4.1.

A	B	C	D	E
0	1	1	1	1

Tabela 4.2: Exemplo de uma possível sequência binária

Dessa forma, para entender qual foi o possível sentimento do jogador durante o gameplay de uma fase, essa sequência binária apresentada no exemplo deve ser lida como:

1. A = Estado Emocional do Jogador é “Relaxado”;
2. B = Performance do Jogador é “Boa”;
3. C = Controle de Jogo do Jogador é “Alto”;
4. D = Perfil do Jogador é “Caçador”;
5. E = Estratégia no Uso de Power-ups é “Balanceado”.

Assim, com base nessas informações é que se iniciou o processo empírico para a definição de qual seria o próximo nível de dificuldade do jogo. Os detalhes de como foi definido cada um dos níveis é apresentado na próxima subseção desse documento.

4.3.2.2 Processo Empírico para Definição do Próximo Nível de Dificuldade para o Jogo Pac-Man

Os níveis de dificuldade foram definidos manualmente a partir da interpretação das cinco variáveis apresentadas anteriormente. Assim para cada uma das possíveis combinações da sequência binária foi atribuído um nível de dificuldade.

A Tabela 4.3 apresenta o modelo que foi utilizado para definição dos níveis de dificuldade. Está subdividida em outras duas, que são, a Tabela Verdade, que contém todas as possíveis combinações para a sequência binária e outra, que é o Nível Definido para a Sequência da Tabela Verdade. Essa segunda tabela interna é utilizada como forma de evitar a necessidade de replicar a tabela verdade para cada um dos níveis, nessa tabela interna é indicado qual será o nível de dificuldade da próxima fase do jogo do Pac-Man para a sequência binária da tabela verdade da mesma linha.

A Tabela Verdade da Tabela 4.3 contém cinco colunas que estão representadas pelas letras “A”, “B”, “C”, “D” e “E”. Essa representação foi utilizada para a simplificação da tabela, assim, cada uma dessas letras representa uma variável da sequência binária, assim como foi apresentado na Tabela 4.2

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Tabela Verdade com as Definições de Nível por Sequência Binária									
ID	Tabela Verdade					Nível Definido para a Sequência da Tabela Verdade			
	A	B	C	D	E	N 1 - Muito Fácil	N 2 - Fácil	N 3 - Médio	N 4 - Difícil
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	1	0	0
3	0	0	0	1	1	0	1	0	0
4	0	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	0	1	1	0	0	1	0	0
7	0	0	1	1	1	0	1	0	0
8	0	1	0	0	0	1	0	0	0
9	0	1	0	0	1	1	0	0	0
10	0	1	0	1	0	0	0	1	0
11	0	1	0	1	1	0	0	1	0
12	0	1	1	0	0	0	0	1	0
13	0	1	1	0	1	0	0	1	0
14	0	1	1	1	0	0	0	1	0
15	0	1	1	1	1	0	0	0	1
16	1	0	0	0	0	1	0	0	0
17	1	0	0	0	1	1	0	0	0
18	1	0	0	1	0	0	1	0	0
19	1	0	0	1	1	0	1	0	0
20	1	0	1	0	0	1	0	0	0
21	1	0	1	0	1	1	0	0	0
22	1	0	1	1	0	0	1	0	0
23	1	0	1	1	1	0	1	0	0
24	1	1	0	0	0	1	0	0	0
25	1	1	0	0	1	1	0	0	0
26	1	1	0	1	0	1	0	0	0
27	1	1	0	1	1	1	0	0	0
28	1	1	1	0	0	0	1	0	0
29	1	1	1	0	1	0	1	0	0
30	1	1	1	1	0	0	0	1	0
31	1	1	1	1	1	0	0	1	0

Tabela 4.3: Tabela verdade com as definições de nível por sequência binária

A segunda tabela interna é a de Nível Definido para a Sequência da Tabela Verdade. Essa tabela consiste em quatro colunas com os possíveis níveis de dificuldade para o jogo adaptado. Para cada linha da tabela verdade, apenas uma coluna da tabela de níveis recebe o valor 1 e as demais recebem o valor 0, isso porque essa tabela também utiliza apenas valores booleanos para as colunas.

O processo foi empírico porque a interpretação das variáveis foi feita com base na observação dos dados dos biossensores e das gameplays dos jogadores da primeira etapa da coleta. Após analisar os vídeos dos gameplays e os gráficos dos biossensores da primeira coleta, iniciou-se a etapa de interpretar esses dados para procurar uma forma de criar uma configuração para a próxima fase de maneira que agradasse o jogador, assim, para facilitar esse processo manual foi utilizada uma tabela semelhante à Tabela 4.3, onde foram substituídas as representações

das variáveis pelos seus verdadeiros nomes, assim o processo ficou mais visual, facilitando a interpretação.

O processo manual consistiu praticamente em olhar para a sequência binária que estava dentro dessa tabela que estava com os títulos *human friendly* e então procurar nos dados coletados qual foi o comportamento dos jogadores naquela situação e tentar entender o que os agradau ou desagradou. Feito isso, o nível que mais se aproximasse do desejado pelo jogador era selecionado.

4.3.3 Automatização do Processo de Criação do Próximo Nível de Dificuldade para o Jogo Pac-Man

Para que o software que fez predição de níveis pudesse tomar decisões de forma automática e em caso de alterações nas variáveis de controle o sistema não precisasse ser refeito, foi utilizado o mapa de Karnaugh, que faz a simplificação de circuitos eletrônicos, para que assim, cada nível fosse representado por uma função. Para isso, foi aplicado o mapa de Karnaugh para cada um dos quatro níveis da Tabela 4.3 e assim cada um desses níveis foi simplificado para uma função. Esses resultados são apresentados na Tabela 4.4.

Funções de Simplificação de Circuito para Cada Níveis de Dificuldade			
Nível 1 - Muito Fácil	Nível 2 - Fácil	Nível 3 - Médio	Nível 4 - Difícil
$y = B'D' + C'D' + ABC'$	$y = B'D + ABCD'$	$y = A'BC'D + A'BDE' + A'BCD' + ABCD$	$y = A'BCDE$

Tabela 4.4: Funções de simplificação de circuito para cada nível de dificuldade

Dessa maneira, o sistema faz todas as análises necessárias, cria uma sequência binária com base nas interpretações dos dados recebidos do biossensor de EDA e dos dados de gameplay e então, para definir qual será o próximo nível, compara a sequência binária criada com essas quatro funções e assim uma dessas funções será verdadeira para a sequência e assim o software passa para a definição das variáveis de jogo que serão alteradas na próxima fase.

4.3.3.1 Geração do arquivo de configurações

Assim que o próximo nível de dificuldade já estava definido, o sistema faz a alteração das variáveis que compõem a dificuldade/complexidade do jogo. Por razões de simplificação dos resultados, ficou definido que o sistema iria alterar apenas duas variáveis de jogo, que são, a velocidade do Pac-Man e a velocidade dos fantasmas. A limitação na quantidade de variáveis a serem alteradas teve como objetivo reduzir a complexidade de interpretação dos resultados obtidos. Assim, o processo para fazer as análises consiste em observar o que aconteceu quando

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

o jogo ficou mais fácil e o que aconteceu quando ficou mais difícil.

Para cada um dos quatro níveis de dificuldade existe uma configuração diferente nos valores das velocidades dos personagens. Na Tabela 4.5 são apresentados os valores das variáveis de velocidade para cada um dos níveis de dificuldade.

Valores das Variáveis para Cada Nível de Dificuldade				
Personagem	N1 - Muito Fácil	N2 - Fácil	N3 - Médio	N4 - Difícil
Pac-Man	VA - 2	VA - 2	VA + 2	VA + 4
Fantasmas	VA -4	VA - 2	VA + 2	VA + 4

Tabela 4.5: Valores das variáveis para cada nível de dificuldade

Para fazer a definição das configurações do próximo nível de dificuldade, o sistema primeiramente procura qual dos quatro níveis foi definido, então vai às configurações da fase atual, traz os valores referentes às velocidades do Pac-Man e dos Fantasmas e faz os cálculos apresentados na Tabela 4.5, onde “VA” significa “Velocidade Anterior”. Para título de referência, na primeira fase do jogo, onde as variáveis sempre iniciam com os mesmos valores para todos os jogadores, as velocidades do Pac-Man e dos fantasmas são iguais e estão configuradas com o valor de 5 unidades.

Assim, para finalizar o processo, o sistema grava esses valores em um arquivo de configurações temporário que será utilizado apenas na fase seguinte. Assim que a próxima fase terminar esse arquivo é substituído por uma configuração nova baseada nessa nova fase que foi jogada e quando o jogador finaliza a terceira fase o sistema não faz nenhuma predição porque não há necessidade.

4.4 Estação de Recolha

Para iniciar o processo de coleta dos dados era necessário preparar um ambiente propício para isso. Esse ambiente recebeu o nome de Estação de Coleta de Dados. Essa foi a definição para o conjunto de equipamentos que foram preparados para receber os voluntários que participaram do experimento.

A estação de recolha de dados envolve toda a estrutura física necessária, desde o ambiente para a acomodação da pessoa que participa do experimento até os equipamentos utilizados. Quando o termo aparecer no plural significa que são vários computadores na mesma sala para fazer várias coletas ao mesmo tempo. Para essa pesquisa, como foram usados apenas biossensores pequenos, a mobilidade da estação de recolha ficou facilitada.

Cada estação de recolha de dados é formada por:

1. uma sala climatizada, que pode ser compartilhada entre várias máquinas;
2. um computador com sistema operacional Windows com conexão *Bluetooth*;
3. uma placa Bitalino;
4. um conjunto de biossensores de EDA;
5. um biossensor de PPG;
6. um biossensor de respiração;
7. um conjunto de biossensores de ECG;
8. eletrodos descartáveis de ECG;
9. soro fisiológico e algodão para limpeza da pele antes da aplicação dos eletrodos de ECG.

Assim, com todos esses requisitos cumpridos, com tudo instalado e configurado, estava tudo preparado para a coleta de dados.

4.5 Procedimentos para Coleta de Dados

Antes de iniciar a coleta de dados foi necessário efetuar a configuração de todos os computadores que foram utilizados no experimento, para isso foi necessário fazer o download e a instalação do software da BrainAnswer que foi compilado especialmente para esse estudo e que já continha o jogo do Pac-Man.

Também foi necessário fazer a instalação do sistema de predição de níveis. Esses softwares são apresentados com mais detalhes nas Seções 4.1.1 e 4.2 respectivamente. Então, com os computadores configurados e instalados, o ambiente estava preparado para receber os voluntários. Na Figura 4.9 é apresentado o fluxograma de atividades necessárias para coleta de dados.

Para dar início à coleta de dados primeiramente era escolhido o ambiente. Para os experimentos foram escolhidas salas com ambiente climatizado, para que a temperatura do ambiente não causasse a saturação dos sensores de EDA e nem influenciassem os participantes causando desconforto com temperaturas extremas. Isso porque os sensores de EDA tendem a saturar em temperaturas muito altas e não apresentar dados em temperaturas muito baixas.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

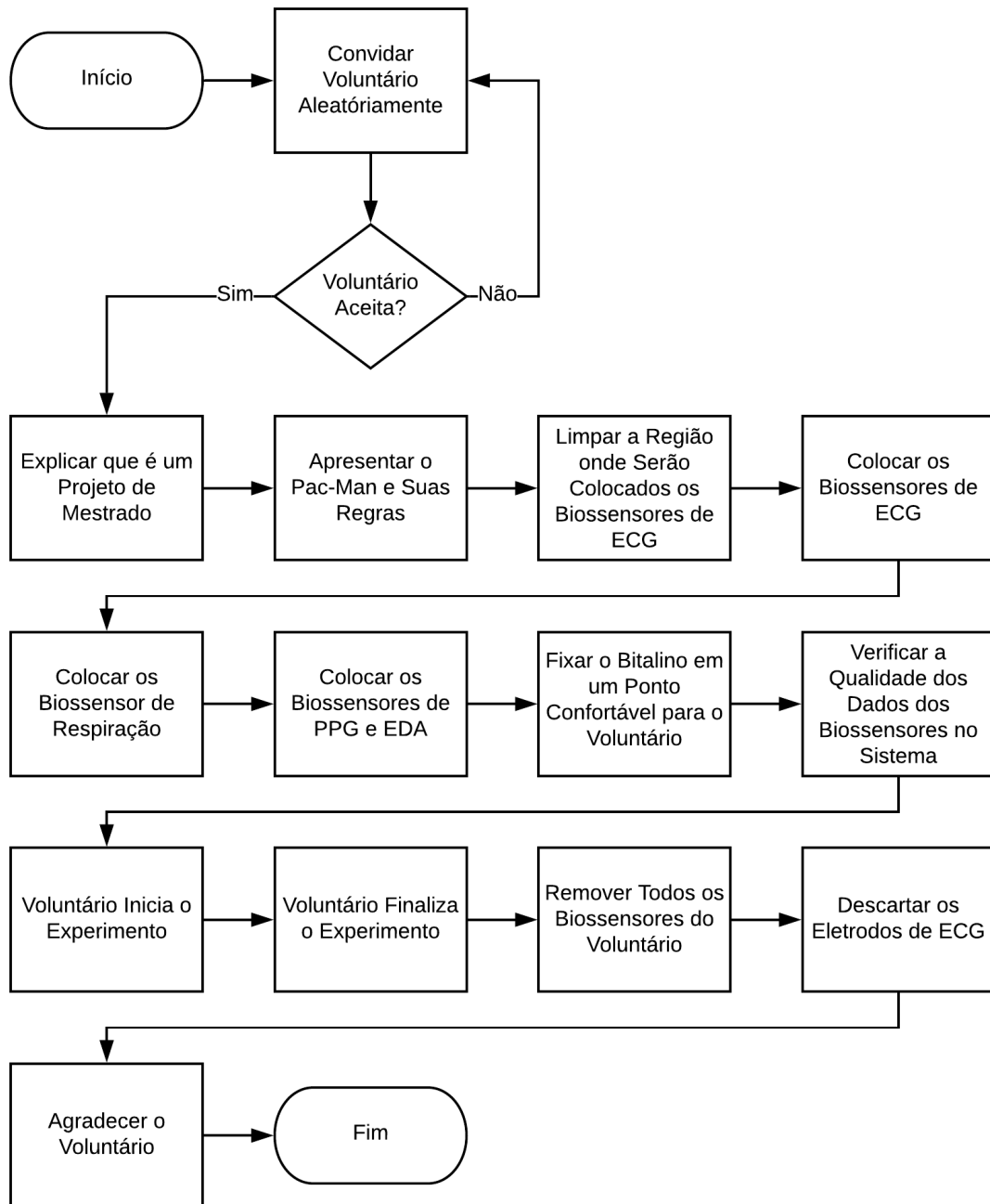


Figura 4.9: Fluxograma de atividades necessárias para coleta de dados.

Depois, os alunos que não estavam em horário de aula eram convidados aleatoriamente para participarem do experimento e nem sempre tinham interesse em participar, mas ainda assim o estudo teve uma boa adesão por parte dos alunos. O número de alunos convidados por vez dependia do número de estações de coleta que foram montadas. Durante as recolhas na UBI foram montadas duas estações e em Castelo Branco normalmente eram utilizadas até quatro estações por vez, visto que o laboratório da BrainAnswer fica nessa cidade, então isso facilitava fazer várias recolhas por vez.



Figura 4.10: Voluntária em uma das estações de coletas de dados participando do experimento.

Quando a pessoa entrava na sala para iniciar o experimento, primeiramente era explicado que se trava de um experimento de mestrado e como seria o processo. Depois era explicado como era o funcionamento do jogo do Pac-Man e suas regras, visto que nem todos conheciam o jogo. Feito isso, então se iniciava a colocação dos biossensores. Para a colocação dos biossensores não havia necessidade seguir uma ordem exata porque são independentes entre si, mas para facilitar o processo didático foi criada uma sequência que é apresentada a seguir.

O primeiro passo era a colocação dos eletrodos descartáveis de ECG nos conectores do sensor. Eram necessários três eletrodos para cada pessoa que participava do experimento. Como esses eletrodos utilizam um gel condutor, devem ser utilizados apenas uma vez e então descartados. Além disso, esse biossensor tem um procedimento mais delicado, porque necessita que a pele esteja limpa na área de contato, isso porque a pele normalmente possui uma certa oleosidade, então é necessário utilizar um algodão com um pouco de soro fisiológico para limpar o local e secar bem. Esse procedimento é necessário para que o sinal seja enviado sem ruídos. Em seguida colocava-se o sensor de respiração, que não tem muito segredo, porque é uma cinta que circula a caixa do peito. E então por último eram colocados os sensores de PPG e EDA, que ambos eram colocados na mão esquerda dos participantes, já que utilizavam a mão direita no teclado para controlar o jogo. Esses últimos sensores utilizam três dedos, o sensor de EDA é colocado nos dedos indicador e anelar enquanto o sensor de PPG fica no dedo médio.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Depois de colocados os biossensores, o Bitalino era fixado em alguma peça de roupa que ficasse mais confortável para a pessoa, normalmente no cinto ou no bolso da calça, para que a pessoa ficasse o mais livre possível. Estando com o Bitalino e os biossensores fixados, os dados eram checados na plataforma BrainAnswer para garantir que estavam em condições de serem recolhidos, evitando assim que os biossensores já apresentassem dados saturados desde o início. Com tudo preparado, então o voluntario iniciava o experimento. Ao finalizar o experimento, eram retirados todos os biossensores que estavam conectados no voluntário e os eletrodos de ECG eram descartados, então agradecia-se a participação e o ciclo estava finalizado. Na Figura 4.10 pode ser visto uma voluntária em uma das estações de coletas já com os biossensores colocado e participando do experimento.

Portanto, esses foram os passos necessários para que fosse possível a obtenção de dados da pesquisa. Para informações sobre como foi realizada a coleta de dados em nível de software, consultar o Capítulo 5. Na próxima seção é apresentada a logística necessária para o transporte e montagem das estações de coleta de dados.

4.6 Logística para Transporte da Estação de Coleta de Dados

Quanto à logística para transportar e montar uma estação de coletada de dados era algo tecnicamente simples, já que o kit de Bitalino e biossensores pode ser acomodado em uma caixa com dimensões aproximadas de 30cm de comprimento, 20cm de largura e 5cm de altura. O que gerava mais incômodos no transporte eram os computadores, isso porque a maior parte das coletas foram feitas utilizando computadores do tipo *Desktop*, isso porque a configuração de hardware necessária para conseguir executar todos os softwares ao mesmo tempo era alta, então eram necessários computadores com um perfil gamer.

Um ponto de dificuldade em relação a logística foi ter que transportar entre a UBI e o laboratório da BrainAnswer os computadores que foram utilizados no experimento. Como foi necessário fazer a instalação de softwares que não estavam disponíveis para download no portal e era necessário fazer testes locais para ver se tudo estava funcional, foi necessário fazer essa movimentação.

Quanto a montagem dos equipamentos, esse também é um ponto que vale ser ressaltado. Deve-se ter um cuidado extra ao conectar os conectores dos biossensores ao Bitalino. Como usam conectores iguais, é fácil inverter os biossensores e isso causa a inutilização dos dados recolhidos por esse equipamento. Não vai causar danos ao equipamento, mas os dados ficarão totalmente alterados e sem valor.

Assim, para estar com uma estação em funcionamento, pode-se dizer que devido à falta de experiência, os maiores esforços necessários estavam na configuração dos softwares e montagem dos equipamentos, isso quando eram feitas recolhas de dados fora dos laboratórios da BrainAnswer. Na próxima seção é apresentado o perfil dos jogadores que participaram do experimento.

4.7 Amostra

Para a coleta de dados durante toda essa pesquisa, foram ao todo 68 pessoas que participaram dos experimentos como voluntários. Foram efetuadas duas etapas de recolhas, na qual 19 pessoas participaram na primeira etapa em duas sessões e depois outras 49 pessoas participaram na segunda etapa, onde foram necessárias quatro sessões de recolhas de dados. Do grupo de 49 pessoas, 8 pertencem ao experimento onde os voluntários jogaram sob pressão, com níveis muito difíceis.

Para essa pesquisa, foram feitas várias sessões de coleta de dados, mas pode-se resumir que foram em dois locais distintos, um foi a Universidade da Beira Interior (UBI) na cidade de Covilhã e outro foi no Instituto Politécnico de Castelo Branco (IPCB). Em ambos os locais foram utilizados ambientes climatizados, com temperaturas controladas em 21 Grau Celsius. Na Figura 4.11 são apresentados alguns gráficos referentes ao perfil dos voluntários que participaram do experimento.

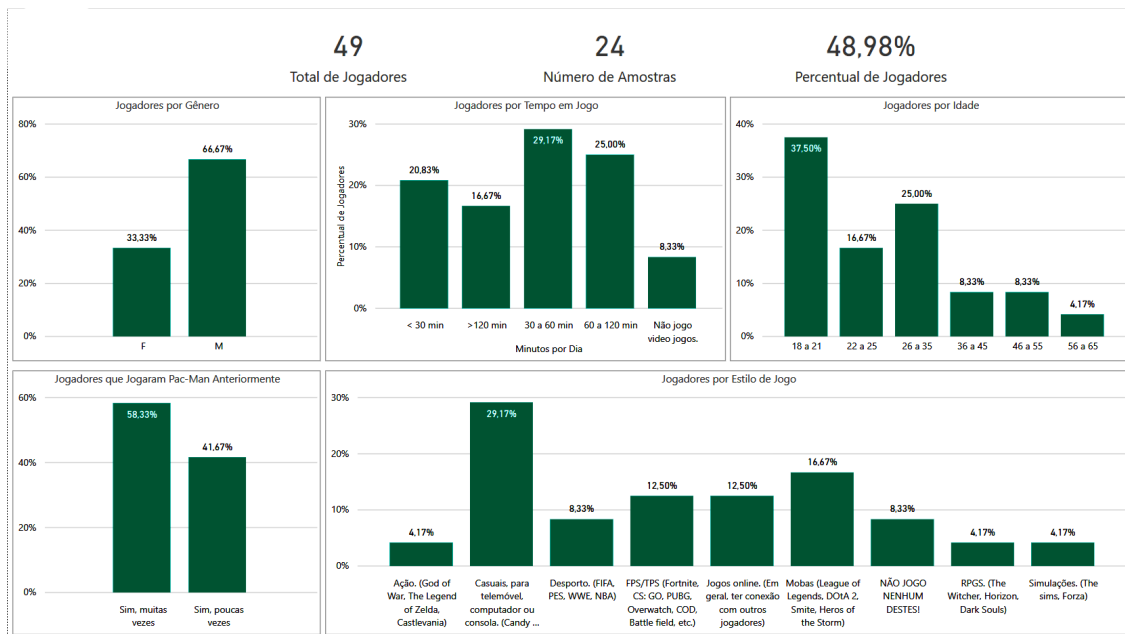


Figura 4.11: Perfil dos jogadores que participaram do estudo.

Um ponto que deve ser observado é o número de recolhas válidas. Das 49 recolhas, apenas 24

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

estavam com os dados em perfeitas condições para serem analisados. Isso aconteceu porque em alguns casos as pessoas não apresentavam variações no EDA, outros por excesso de suor nas mãos saturava os biossensores. Em alguns casos durante o upload dos dados alguns ficaram corrompidos, como as gravações de gameplay, em que nesse caso eram importantes pois eram comparadas com as curvas dos biossensores. Dessa forma, para evitar ruídos nas análises, foram considerados apenas as recolhas que estavam com os dados de todos os biossensores e possuíam o vídeo de gameplay.

O perfil dos voluntários foi variado, foram homens e mulheres de diferentes faixas etárias, diferentes estilos de jogos e diferentes hábitos relacionados a quanto tempo gastam com jogos por dia. Um ponto semelhante em todos que participaram do experimento é terem jogado o Pac-Man pelo menos uma vez antes do experimento. Mesmo sendo um videojogo antigo, mas por ser um clássico e ter várias versões, das quais incluem os telemóveis, as pessoas continuam a jogar até os dias atuais.

Durante o experimento, houve uma adesão maior por parte dos homens, que representam 66,67% do total. Mais da metade das pessoas que participaram afirmaram jogar entre 30 minutos a duas horas por dia. Como a maioria dos voluntários foram alunos das universidades, o maior grupo de faixa etária foi o de 18 a 21 anos, que representou 37,5% do total. Em relação ao estilo de jogo, foi uma distribuição variada, onde todos os estilos que foram apresentados aos voluntários receberam votos, com uma certa vantagem para os jogos casuais que ficaram com 29,17% do total de votos.

Graças a participação desse grupo de pessoas foi possível fazer a aquisição de dados necessários e com isso ter material suficiente para fazer uma análise e conseguir informações interessantes para o mundo dos videojogos. Para finalizar, na próxima seção estão as considerações a respeito deste capítulo.

4.8 Considerações Sobre o Capítulo

Após todo esse longo processo, utilizando como base os sinais fisiológicos do jogador e os dados do jogo foi possível encontrar métricas para que um novo nível de dificuldade fosse criado, dessa forma o jogo foi e é capaz de dar sequência na evolução dos níveis até que receba um sinal para parar de criar novas configurações, dessa forma o jogo do Pac-Man passou a ter a capacidade de oferecer uma experiência diferente para cada pessoa que o jogar e dessa forma, cada nova fase que o jogador iniciar vai ser diferente porque tem uma configuração baseada na experiência anterior.

Como é de se esperar, esse sistema possui muitas limitações, uma vez que utiliza apenas dados de apenas um biossensor, o sistema de predição de níveis foi definido por um processo empírico e não por inteligência artificial, mas ao final do estudo, mesmo com todas essas limitações, apresentou bons resultados que ainda vão se estender por outras pesquisas.

Toda essa etapa de coleta de dados foi importante para aumentar o conhecimento sobre o funcionamento dos biossensores. Muitos detalhes que por vezes não estão na literatura, como posicionamento de sensores, testes de qualidade de sinal, são pontos que só podem ser observados ao fazer um experimento real.

As condições mínimas requeridas para uma boa recolha de dados são ter uma sala com silêncio e temperatura controlada em 21 Grau Celsius. Também alguns cuidados na colocação dos sensores como serem colocados sobre a pele limpa e seca e observar o posicionamento para que fiquem em uma área do corpo com pouca gordura. A verificação do estado dos biossensores é essencial para que não sejam coletados dados incorretos ou saturados, tudo isso no sentido de reduzir o ruído e artefatos nos sinais adquiridos.

Durante esse período foi possível identificar os pontos fortes e fracos, adquirindo assim bagagem suficiente para futuros testes. Dessa forma atividades que geraram falhas e perda de dados serão evitadas e todas as demais que correram bem serão reaproveitadas.

De maneira geral o processo operacional da aquisição de dados foi um processo trabalhoso por necessitar envolver muitas pessoas externas na participação do experimento, além de necessitar de vários dias de coletas. Foram necessários deslocamentos de pessoas e equipamentos entre cidades, além de esforço para que tudo corresse como planejado.

Portanto, mesmo com todo esforço necessário, foi uma etapa gratificante e de muito aprendizado, já que a experimentação é uma etapa do processo científico.

Capítulo 5

Protocolo do Experimento: Recolha de Dados Utilizando a Plataforma BrainAnswer

Neste capítulo será apresentado o protocolo utilizado para a recolha de dados dos experimentos realizados no estudo de campo. Serão apresentados os processos utilizados desde o início do estudo até sua finalização, iniciando pela forma como foram adquiridos os dados dos biossensores e quais foram os formulários que os voluntários utilizaram para expressar o que sentiram durante o experimento.

O primeiro tópico apresentado são os objetivos da aquisição dos dados, com uma breve descrição da razão de ter sido utilizadas duas etapas de aquisição de dados com finalidades diferentes. Na sequência é feita uma introdução sobre o protocolo para aquisição dos dados e logo em seguida é detalhado o modelo utilizado para a coleta dos dados. Como esse modelo foi utilizado em duas etapas com estruturas diferentes, cada um está apresentado em uma subseção.

Assim, fechando este capítulo, é detalhado qual foi o modelo utilizado para a coleta de dados referentes às emoções dos jogadores, com base em suas autoavaliações. Como esse modelo também foi utilizado em duas etapas com estruturas diferentes, cada um está apresentado em uma subseção e na segunda subseção são apresentados os formulários utilizados com as escalas de emoções.

5.1 Aquisição dos Dados

Para que fosse possível testar um modo de game design evolutivo e capaz de interagir com os sinais recebidos por *biofeedback* foi criado um modelo que se divide em duas etapas. Uma, chamada de primeira etapa, se refere ao experimento piloto e a outra, chamada de segunda etapa, que se refere aos experimentos 01 e 02 onde foram utilizados os dados recebidos através de *biofeedback* para alterar mecânicas do jogo do Pac-Man.

A primeira etapa teve como objetivo coletar os dados das variáveis do jogo e os dados dos biossensores, para então fazer uma análise cruzando esses dois grupos e assim chegar a uma

definição de como fazer a predição das variáveis para a gerar a configuração da próxima fase do jogo do Pac-Man. Nessa etapa as variáveis do jogo foram configuradas manualmente através da plataforma BrainAnswer.

A segunda etapa teve como objetivo utilizar um sistema que fosse capaz de prever qual configuração agradaria mais o utilizador e assim fazer essa modificação. Essa predição foi feita baseando-se nas variações emocionais e desempenho do jogador durante o tempo em jogo. Os testes que foram feitos nessa etapa foram muito semelhantes aos da primeira etapa, o que diferenciou um do outro foi a forma como a configuração dos níveis de dificuldade da próxima fase do jogo foi estabelecida, na primeira foi uma definição humana e na segunda com base nos resultados obtidos através do uso de *biofeedback*.

Nas próximas seções serão apresentados os protocolos utilizados para a coleta de dados durante o experimento.

5.2 Protocolo para Aquisição dos Dados

O primeiro passo antes de iniciar a etapa de análises foi fazer a coleta dos dados, esse foi um processo que envolveu várias fases porque no decorrer da pesquisa novas tecnologias foram sendo descobertas e acrescentadas e algumas coisas que foram pensadas no início acabaram por serem trocadas.

Com o objetivo de facilitar a explicação do processo completo de aquisição dos dados, este será dividido em duas partes. A primeira, que será apresentada nesse capítulo, explica sobre o processo tecnológico, onde é apresentado todo o processo de coleta de logs via software. E a segunda, que apresenta o processo referente à estrutura física de aquisição de dados, onde são apresentadas a estação de coleta de dados, como foi a logística para o transporte dos equipamentos, assim como as pessoas participaram do experimento, que está no Capítulo 6. Nessa seção serão abordados os assuntos relacionados a parte sistêmica do estudo, focando em apresentar como foram conseguidos os dados sem se preocupar com seu tratamento. A parte do tratamento dos dados será apresentada na próxima seção.

5.3 Modelo de Coleta dos Dados

O modelo de coleta e análise dos dados foi dividido em duas etapas. Isso foi necessário porque primeiro era preciso chegar a um padrão de comportamento dos utilizadores para então poder

***Biofeedback* e Resposta Emocional em Game Design**

fazer uma predição de configurações para o jogo. De maneira resumida, na primeira etapa foram coletados os logs do jogo e dos biossensores e então foram comparados com os dados dos questionários relacionado às emoções respondidos pelos utilizadores ao final de cada fase do jogo. Esses dados posteriormente foram analisados e criou-se o que foi chamado de padrão emocional do jogador, que então passou a ser utilizado pelo sistema de predição de níveis na segunda etapa do estudo.

Durante a segunda etapa esse padrão emocional que foi encontrado passou a ser utilizado como parâmetro na construção da configuração da próxima fase do jogo, através do sistema de predição de níveis. Mais detalhes sobre o sistema de predição podem ser encontrados na Seção 4.3.

Na segunda etapa os voluntários continuaram a jogar novamente três fases do jogo do Pac-Man, mas dessa vez somente na primeira fase do jogo é que os dados da configuração são criados manualmente, nas duas últimas essa configuração foi criada com base em uma predição feita utilizando os dados recebidos via *biofeedback* e logs do jogo. Para um melhor entendimento desse processo, os detalhes de cada uma das etapas são detalhados nas Subseções 5.3.1 e 5.3.2 a seguir.

5.3.1 Primeira Etapa: Experimento Piloto

A primeira etapa de coleta de dados iniciava-se com uma apresentação do objetivo do experimento ao qual o voluntário estava participando. Nesse momento o voluntário era informado que estava participando de um experimento que tem como objetivo a coleta de dados para uma dissertação de mestrado. A Figura 5.1 representa o processo realizado no protocolo BrainAnswer versão 1 para recolha dos dados.

Em seguida, era exibido ao voluntário um questionário onde era convidado a preencher seus dados demográficos. Eram perguntas simples, objetivas e de múltipla escolha, no qual selecionava qual o seu gênero e a qual faixa etária pertence. Esse questionário foi inserido com o objetivo de coletar os dados demográficos para que fossem utilizados como filtros estatísticos nas etapas de análises.

Após o voluntário responder ao questionário, era apresentado uma breve descrição do jogo do Pac-Man e era exibida uma questão perguntando se o voluntário já havia jogado o Pac-Man alguma vez antes. Após isso, a pessoa que estava participando do experimento respondia de acordo com a sua experiência com o jogo. O passo seguinte era apresentar aos voluntários as regras do jogo do Pac-Man e as instruções para o relaxamento que deveriam fazer antes de iniciar cada novo teste.

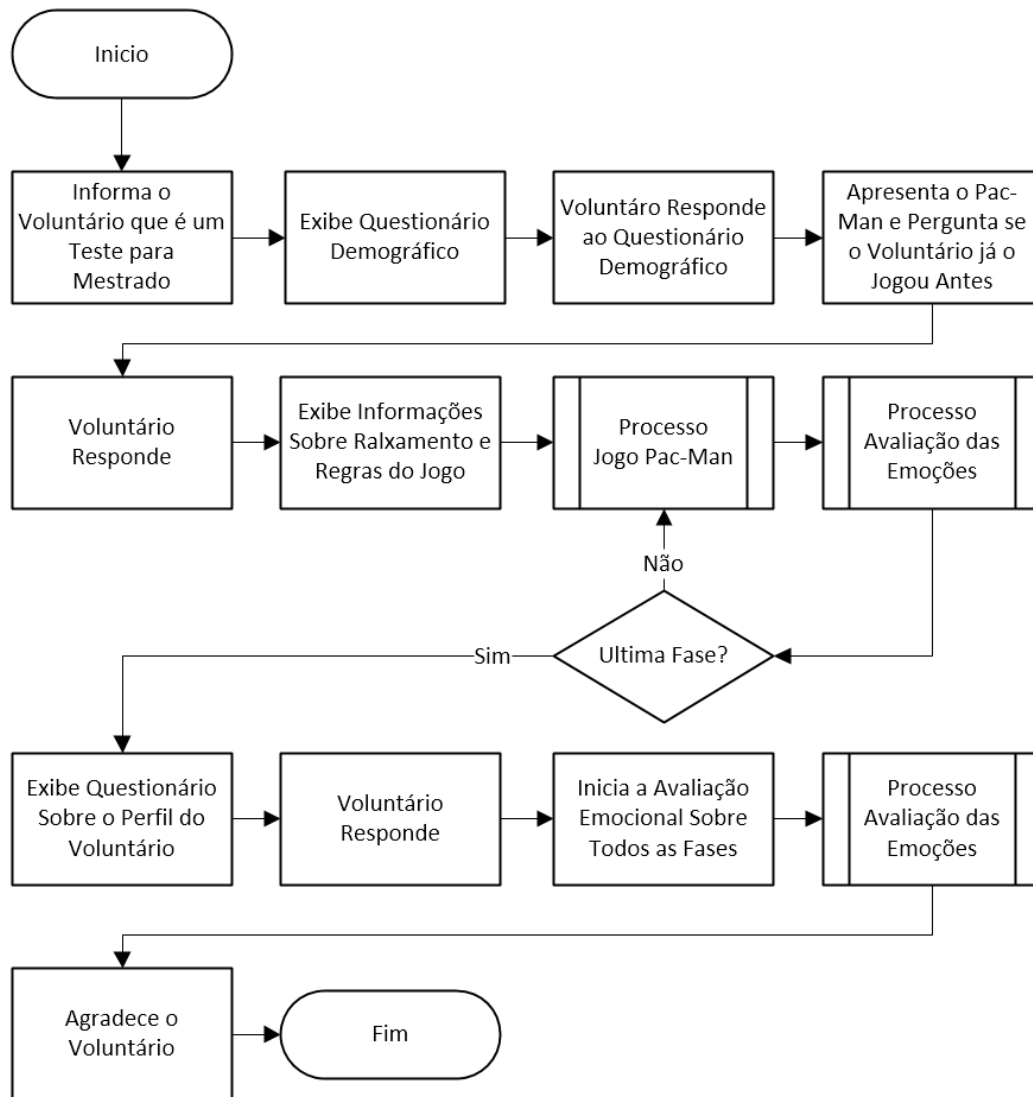


Figura 5.1: Processo Realizado no Protocolo BrainAnswer Versão 1 para Recolha dos Dados.

Depois de todos os passos anteriores, então o voluntário jogava três fases do jogo do Pac-Man, que utilizava uma determinada configuração para cada fase que foi definida manualmente através da plataforma BrainAnswer. A configuração da fase inicial foi definida para ser jogável até pelos menos experientes e as duas fases seguintes recebiam um acréscimo na dificuldade. Todos os detalhes sobre as configurações e como foi o processo responsável por controlar o jogo do Pac-Man na primeira etapa de recolhas está na Seção 4.1.6.1.

Ao final de cada fase do jogo o voluntário respondia a um questionário onde define qual foi sua emoção em relação ao jogo. Para fazer essa avaliação, o voluntário respondia quatro questões utilizando um formulário de múltipla escolha, onde, em uma escala de 0 a 10 avaliava como ficou seu estado emocional, sua excitação, seu domínio e satisfação ao finalizar todas as fases do jogo do Pac-Man.

***Biofeedback* e Resposta Emocional em Game Design**

Quando era finalizada a terceira fase do jogo, o voluntário preenchia um questionário sobre seu perfil gamer, que continha perguntas como, qual seu estilo de jogo preferido, quantas horas joga por semana, perguntas essas que foram utilizadas para filtros estatísticos. Depois, também respondia a um questionário onde avaliava qual foi sua percepção de emoção em relação à todas as três fases jogadas. O fluxo detalhado das atividades necessárias para o funcionamento do jogo está descrito na Seção 4.6, enquanto o fluxo de atividades utilizadas para que o voluntário pudesse fazer a avaliação de suas emoções é apresentado na Seção 5.4.1.

Para fazer a avaliação geral de todas as fases jogadas o voluntário utilizava o mesmo processo que usou para avaliar cada fase separada. Feito isso, o sistema exibia uma mensagem de agradecimento ao voluntário e essa etapa estava finalizada.

Portanto, esse foi o fluxo de eventos necessários para que cada voluntário pudesse completar o experimento durante a primeira etapa de coletas, que foi o experimento piloto. Na próxima seção serão apresentados os eventos necessários para a segunda etapa de coleta de dados.

5.3.2 Segunda Etapa: Experimentos 01 e 02

A na segunda etapa teve como objetivo principal utilizar um conceito que pudesse ser aplicado em outros videogames e que também fosse capaz de oferecer a opção de fazer alterações em tempo real nos videogames. Para a mecânica do Pac-Man tentar uma alteração em tempo real não era algo que pudesse oferecer bons resultados, então optou-se por criar um modelo onde ao jogar uma fase, o jogo fosse capaz de criar automaticamente as configurações necessárias para a próxima fase, isso baseado nas análises dos dados emocionais coletados através do *biofeedback* e no desempenho que o voluntário teve durante a fase anterior do jogo.

A Segunda etapa do experimento, como pode ser visto na Figura 5.2, seguiu uma sequência muito parecida com a primeira. Novamente iniciava-se com um questionário demográfico e passava por três fases do jogo do Pac-Man, onde, no primeiro jogo foram utilizados os mesmos valores da configuração do primeiro jogo da etapa anterior, pois já tinham sido validados. O diferencial dessa etapa estava no uso dos dados de *biofeedback* para a predição da configuração da próxima fase, que é explicado mais adiante.

Assim como foi feito anteriormente, também foram coletados os logs das variáveis do jogo, os logs dos biossensores e ao final da fase, o utilizador passava por um questionário para avaliação de sua percepção de emoções, onde avaliava seu estado emocional, sua excitação, seu domínio e satisfação. Nessa etapa o que foi diferente em relação a avaliação das emoções foi a utilização de escalas de emoções já validadas por outros estudos, como a escala SAM e PrEmo. Essas escalas de emoções são apresentadas respectivamente nas Seções 2.2.3 e 2.2.4.

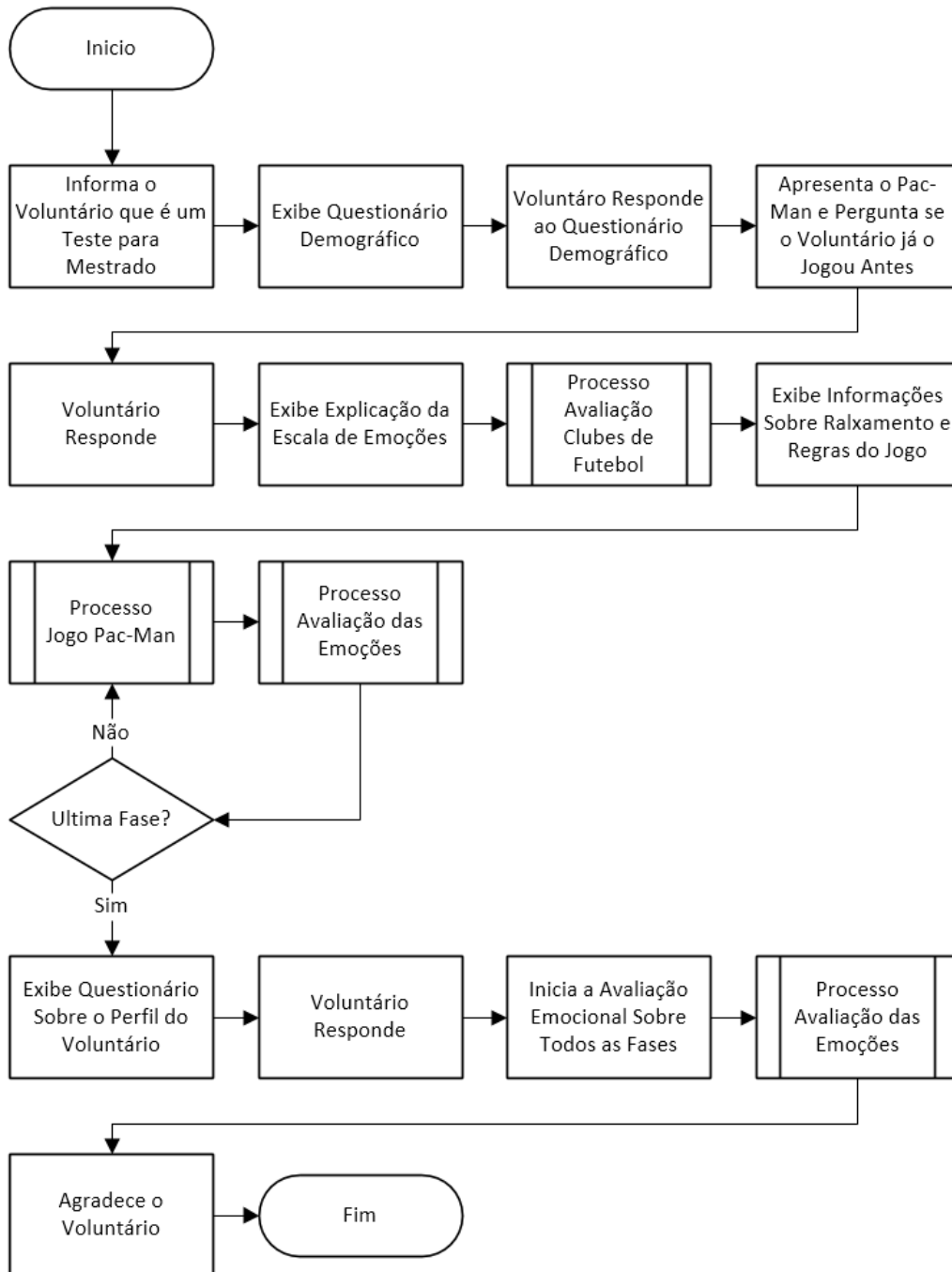


Figura 5.2: Processo Realizado no Protocolo BrainAnswer Versão 2 para Recolha dos Dados.

Para gerar a configuração da próxima partida o software de predição primeiramente faz uma análise do desempenho do utilizador cruzando com os dados dos biossensores então, utilizando como base os padrões emocionais observados na etapa anterior, faz uma predição das variáveis que supostamente vão fazer com que o jogador tenha uma melhor experiência de jogo.

Da mesma maneira como foi feito na primeira etapa, após jogar as três fases do jogo do Pac-Man, o voluntario passava novamente por um questionário para avaliar qual foi sua experiência com o jogo de um modo geral, avaliando suas emoções baseando-se nas três fases jogadas.

Assim, depois de finalizado essa etapa, foi produzido um grande volume de dados que foram utilizados na etapa de análises, apresentados na Seção 3.9. Na próxima seção é apresentado o modelo utilizado para a coleta de dados referente às emoções dos voluntários baseando-se em suas próprias avaliações.

5.4 Modelo Utilizado para a Coleta de Dados Referentes às Emoções dos Jogadores

Além dos dados dos biossensores que foram coletados para avaliar a variação emocional dos voluntários, também foram coletados dados referentes às autoavaliações que os voluntários faziam sobre suas emoções ao jogar o Pac-Man. Esses dados foram utilizados posteriormente para analisar as curvas geradas pelos biossensores e procurar por padrões nos dados.

De maneira geral a forma em que os dados referentes às avaliações feitas pelos voluntários foram coletados em todos os experimentos foi muito parecida. A diferença principal está nas escalas utilizadas em cada experimento para essa avaliação.

Em ambos os experimentos, para fazer a coleta dos dados referentes às emoções, os voluntários eram convidados a responder quatro questionários, estado emocional, excitação, domínio e satisfação, relacionados ao que sentiram durante a fase que jogaram. Esse processo se repetia para cada uma das fases e depois ao final do experimento respondiam novamente, mas nesse momento a avaliação era referente à experiência como um todo.

A seguir são apresentadas as formas com que esses dados foram coletados em cada um dos experimentos. Na primeira subseção é apresentado o modelo utilizado para o experimento piloto e na segunda subseção o modelo utilizado para os experimentos seguintes.

5.4.1 Processo de Autoavaliação das Emoções na Primeira Etapa: Experimento Piloto

Para o experimento piloto, o processo utilizado para que os voluntários pudessem auto avaliar como foram suas emoções durante o tempo em que jogaram o Pac-Man foi bem simplificado. Nessa etapa ainda não havia sido utilizada nenhuma escala de emoções, então foi utilizado um formulário de múltipla escolha onde eram mostrados uma sequência numérica de 0 a 9 onde o voluntário selecionava o valor de acordo com o que considerou que foi sua experiencia. Nessa escala não havia imagens e 0 significava muito fraco e 9 muito forte. O fluxo de eventos é

representado pela Figura 5.3.

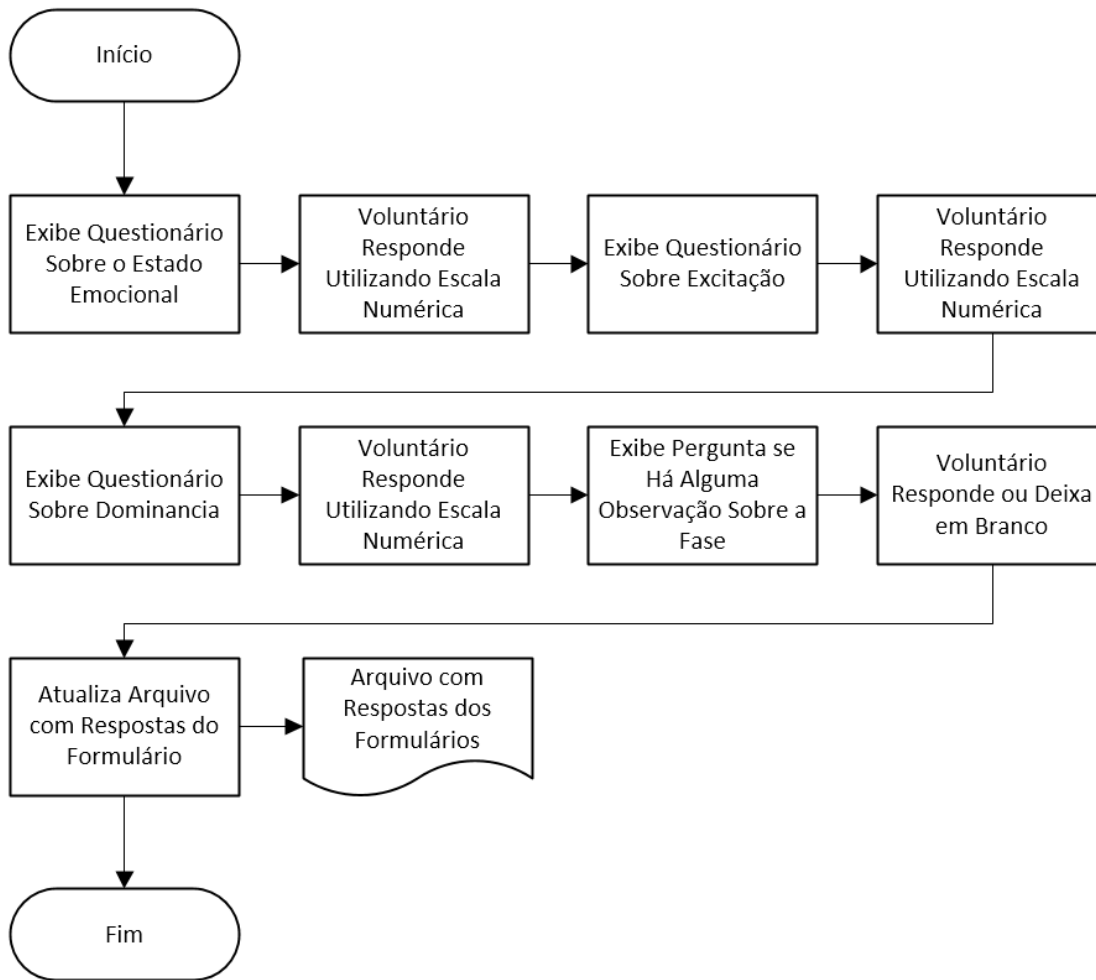


Figura 5.3: Processo de Autoavaliação das Emoções na Primeira Etapa: Experimento Piloto.

Assim, nessa etapa era exibido um formulário onde o voluntario selecionava o valor que considerava que representava sua emoção. Esse processo era repetido para a avaliação do estado emocional, excitação, domínio e satisfação. Ao finalizar era gerado um arquivo com esses dados que posteriormente seria enviado para o servidor da BrainAnswer.

5.4.2 Processo de Autoavaliação das Emoções na Primeira Etapa: Experimentos 01 e 02

Para os experimentos seguintes o processo de autoavaliação das emoções já foi um pouco mais elaborado. Foram utilizadas duas escalas de emoções que utilizam uma técnica de avaliação pictórica não verbal, uma, a Self-assessment Manikin (Bradley and Lang, 1994), também conhecida como escala SAM, que já vem sendo utilizada no mundo da publicidade entre outras áreas desde 1985 e outra, a escala PrEmo (Laurans and Desmet, 2017) que foi criada mais recente-

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

mente. O objetivo de utilizar duas escalas era redundância na avaliação e procurar entender se haveria respostas muito diferentes entre as escalas, para assim nos próximos trabalhos utilizar apenas uma. A Figura 5.4 representa o fluxo de eventos necessários para o voluntário fazer a autoavaliação das emoções.

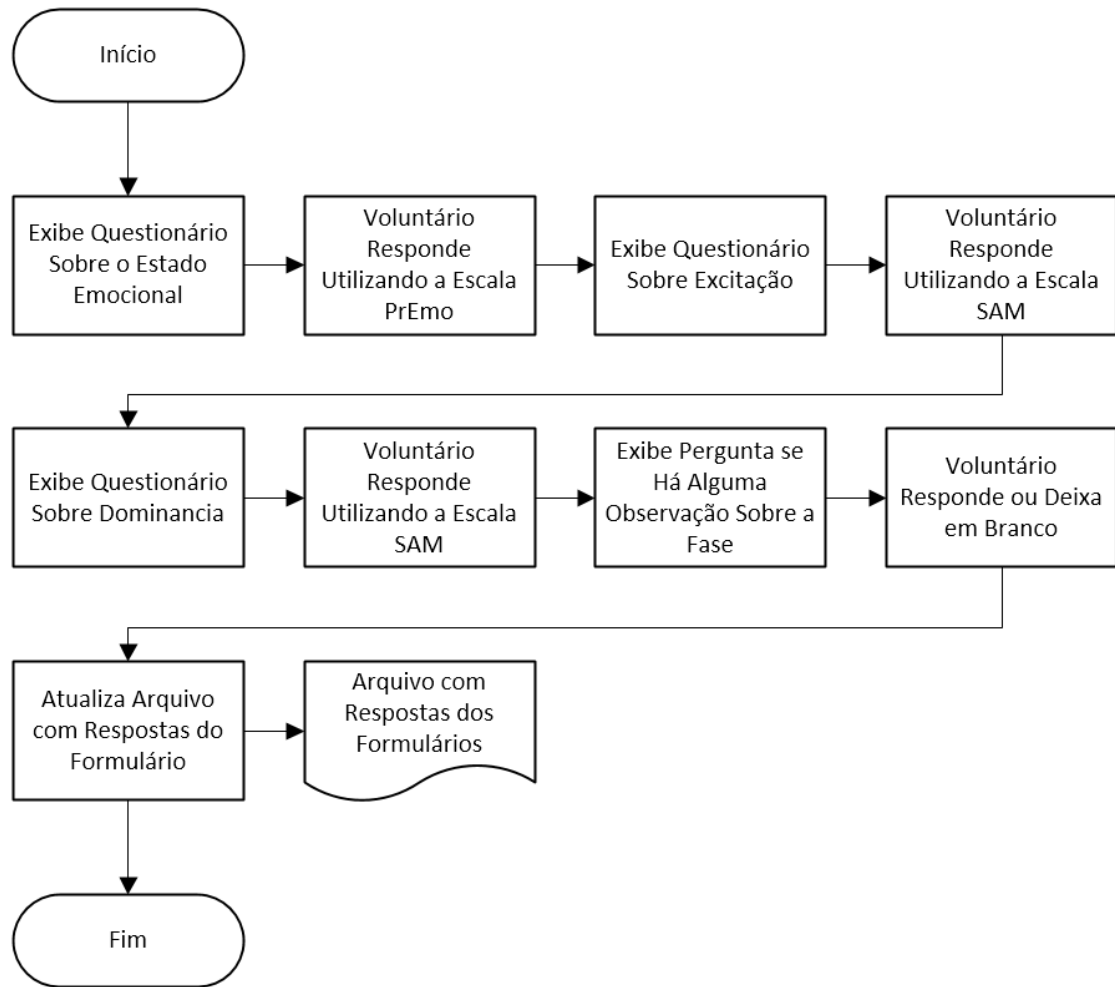


Figura 5.4: Processo de Autoavaliação das Emoções na Primeira Etapa: Experimentos 01 e 02.

Para esse processo de autoavaliação, primeiro formulário que aparecia para o voluntário ao finalizar a fase era o que perguntava sobre seu estado emocional durante a fase, nesse formulário estavam dispostas as quatorze imagens que fazem parte da escala PrEmo. Então o voluntário escolhia a imagem que expressava como estava seu estado emocional ao jogar. Assim, como pode ser visto na Figura 5.5, bastava o voluntário clicar na imagem na qual se identificava.

Indique qual a imagem que melhor reflecte o seu estado emocional DURANTE O JOGO?

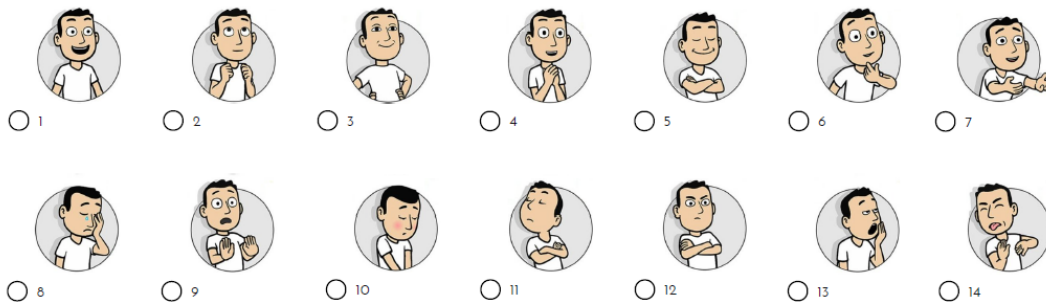
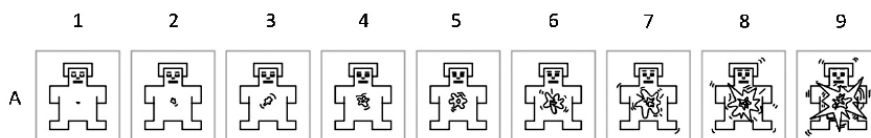


Figura 5.5: Formulário para avaliação do Estado Emocional utilizando a escala PrEmo.

O próximo formulário que o voluntário deveria preencher era relacionado ao nível de excitação que teve durante o tempo em que jogou a fase. Para isso foi utilizada a escala SAM utilizando o grupo de imagens referentes à excitação (*arousal*). O objetivo desse formulário era procurar entender o quão focado estava o jogador durante a fase. Para os videojogos isso é importante porque quanto mais focado o jogador está no jogo mais se envolveu com o produto e o que as empresas esperam quando desenvolvem um jogo é que as pessoas passem mais tempo com o seu produto, manter a atenção do jogador é um ponto chave (Marci, 2006).

Tendo em atenção a escala de EXCITAÇÃO:



Como classifica o teu nível de EXCITAÇÃO durante o jogo?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Desatento										Focado

Figura 5.6: Formulário para avaliação do Nível de Excitação utilizando a escala SAM.

Na Figura 5.6 está representado o formulário utilizado para a recolha do nível de excitação do voluntário. Um ponto que dever ser observado é que a escala original inicia no maior nível de excitação e vai reduzindo até o mínimo, para esse estudo a sequência foi invertida para

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

manter a lógica nos três testes, sempre partindo do menor nível para o maior. Para avaliação dos resultados desse formulário, quanto mais alto o valor melhor é o resultado obtido.

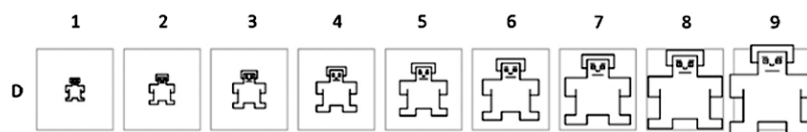
Tendo a informação se os jogadores estavam ou não focados no jogo, ainda existia a necessidade de saber a razão que o levava a essa resposta. Para procurar por essas respostas é que foram feitas as próximas questões referentes ao domínio que o jogador apresentou e sua satisfação com o jogo.

Na sequência dos formulários, o próximo a ser preenchido era o formulário referente ao nível de domínio que o jogador apresentou durante a fase. Para coletar essa métrica foi utilizada a escala SAM com o grupo de imagens referentes ao domínio (*dominance*). O objetivo desse formulário era saber se a configuração utilizada apresentou um nível de dificuldade que era desejado pelo jogador.

Para esse caso, esperava-se que os jogadores não apresentassem um domínio elevado em todas as fases, porque isso poderia significar que o jogo foi muito fácil e ao mesmo tempo também não se esperava que apresentassem um domínio muito baixo porque isso poderia indicar que o jogo ficou muito difícil. Em ambos os extremos pode-se haver uma perda na atenção dos jogadores fazendo com que desistam do jogo. Assim, para avaliação desse formulário os valores mais atrativos são os intermediários.

Na Figura 5.7 está representado o formulário para a recolha do nível de domínio em relação ao jogo por parte do voluntário. Para esse formulário a sequência utilizada corresponde a sequência original. Para preenchê-lo basta o voluntário clicar na imagem que mais seu sentimento.

Tendo em atenção a escala de DOMINÂNCIA:



Qual o seu nível de DOMINÂNCIA durante o jogo?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Não dominei										Domínio Total

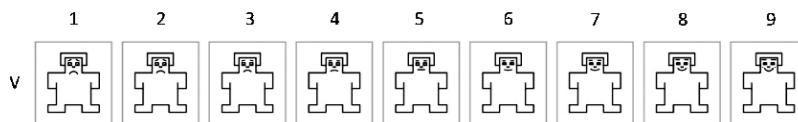
Figura 5.7: Formulário para avaliação do Nível de Domínio utilizando a escala SAM.

Para finalizar, o último formulário a ser preenchido era o referente ao nível de satisfação que o voluntário teve ao jogar a fase. Para a recolha desses dados foi utilizada a escala SAM com o

grupo de imagens referentes ao prazer (pleasure). Os dados referentes à satisfação do jogador deram origem a várias questões para as análises, porque assim como a excitação, o que interessa realmente saber é o que fez a pessoa ficar ou não satisfeita com a experiência de jogo. Então isso gerou várias questões como “O jogo ficou muito fácil ou muito difícil?”, “a pessoa que se diz insatisfeita é gamer ou essa foi a primeira experiência com um jogo? Se é gamer, esse é o estilo de jogo dela?”

Na Figura 5.8 está representado o formulário para a recolha do nível de satisfação do voluntário com relação a fase que jogou. Para esse formulário a sequência utilizada foi invertida para que ficasse de insatisfeito para muito satisfeito. Para a avaliação desses dados, também quanto maior o valor melhor.

Tendo em atenção a escala de SATISFAÇÃO:



Qual o seu nível de SATISFAÇÃO em relação ao jogo?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Insatisfeito										Muito satisfeito

Figura 5.8: Formulário para avaliação do Nível de Satisfação utilizando a escala SAM.

Assim, foi possível criar uma maneira de gerar material para que fosse possível analisar e procurar entender o que os voluntários sentiram ao jogar cada uma das fases do Pac-Man. E isso também permitiu comparar as respostas e ver como foi o desempenho do sistema que criou as configurações para as fases.

5.5 Considerações Sobre o Capítulo

A criação do protocolo do experimento foi uma etapa importante para essa pesquisa porque precisou ser cuidadosamente pensada. Cada formulário, configurações de jogo, tudo teve que ser pensado com detalhes e saber exatamente a razão de estar colocando aquilo no processo.

Para essa etapa, a utilização da plataforma BrainAnswer foi muito importante. Como já possuía um software preparado para interagir com os biossensores e preparado para criar pipelines para

***Biofeedback* e Resposta Emocional em Game Design**

esse tipo de experimento, a criação do protocolo foi facilitada.

Assim, esse foi o modelo utilizado para coletar os dados necessários para essa pesquisa. Dando sequência a esse tema, no próximo capítulo será apresentado como foi o estudo de campo e como foi a interação com as pessoas que participaram dos experimentos.

Capítulo 6

Discussão e Análise dos Dados

Neste capítulo é apresentado o processo utilizado para avaliação dos dados do estudo. Aqui são apresentadas como as ferramentas foram utilizadas, como foram aplicadas as métricas para análise dos dados e uma apresentação das observações iniciais que guiaram o restante da pesquisa.

Na primeira seção são apresentadas as três formas de análises utilizadas para pesquisar por padrões de comportamento, onde o objetivo nas três formas está em procurar por eventos e comportamentos que se repetem entre os voluntários dos experimentos. O primeiro ponto observado foi o comportamento das curvas de EDA, onde foi procurado encontrar padrões nos disparos emocionais em situações que se repetem para vários voluntários. Depois a análise de gameplay e biossensores utilizando a plataforma BrainAnswer onde é apresentado o modelo de utilização de tags para identificar eventos de gameplay e finalizando a seção as análises das autoavaliações dos voluntários que foram feitas baseadas na utilização de escalas de emoções.

Em seguida é apresentado o modelo utilizado para a validação da escala PrEmo. Onde é apresentada a razão por fazer essa validação, que em resumo tinha como objetivo garantir que os voluntários entenderam a escala de emoções e então assim as suas respostas podem ser utilizadas para as análises. Na sequência são apresentados os resultados da avaliação da escala PrEmo. E para fechar o capítulo, uma consideração geral sobre os tópicos que foram apresentados.

Fechando o capítulo serão apresentadas as informações levantadas com base nos dados de jogadores reais coletados através da plataforma BrainAnswer. Para uma melhor análise, serão apresentados nessa seção alguns dados estatísticos sobre os jogadores e suas opiniões ao finalizarem os testes.

6.1 Pesquisa por Padrões de Comportamento

Quando a pesquisa foi iniciada o objetivo era ambicioso para o tempo disponível. Parecia ser simples comparar os resultados dos biossensores e então criar um modelo que com base nos dados recebidos retornasse qual era a emoção que o jogador estava sentindo naquele momento.

O que se encontra na literatura com relação a definição de emoções baseadas em leituras de biossensores normalmente se resumia em dizer que quando a curva do sensor X tem um disparo e a curva do sensor Y tem uma queda então a pessoa está sentindo a emoção Z. Mas nos videogames isso vai além, porque mais importante do que saber qual é a emoção que a pessoa está sentindo em um determinado momento é saber o que desencadeou esse sentimento. Uma vez que o objetivo da pesquisa era encontrar uma maneira de o *biofeedback* adaptar o videogame para melhorar a experiência o jogador, o principal ponto é saber do que a pessoa gostou ou não durante o tempo que esteve em jogo.

Muito se discutiu em qual seria a melhor abordagem para essa forma de pesquisar por padrões, e então ficou definido que o primeiro passo seria fazer a observação de como era o comportamento das curvas de EDA para um dado grupo de eventos do jogo e que acontecem para todos os jogadores.

Assim, objetivo inicial durante as primeiras análises desta pesquisa foi procurar por comportamentos semelhantes nas curvas de EDA em situações como, Pac-Man captura um fantasma, Pac-Man morre, proximidade entre fantasmas e o Pac-Man, Pac-Man consome um *power-up*, final de jogo com vitória, final de jogo com derrota, iniciar um jogo sem *power-ups*.

6.1.1 Análise do Comportamento das Curvas de EDA

Desde o início da pesquisa analisar as curvas de EDA estavam na lista de atividades a serem realizadas. No início, uma das propostas de abordagem para análise da curva de EDA foi estudar o comportamento fásico da curva, mas isso acabou sendo mudado posteriormente porque essa é uma abordagem mais profunda enquanto a abordagem final utilizada faz uma análise macro da curva de EDA. Na Figura 6.1 está ilustrado um dos primeiros modelos de gráficos utilizados para procura por padrões nas curvas de EDA. Nessa imagem a curva de EDA foi substituída pela curva de SCR, que é a Resposta de Condutância da Pele.

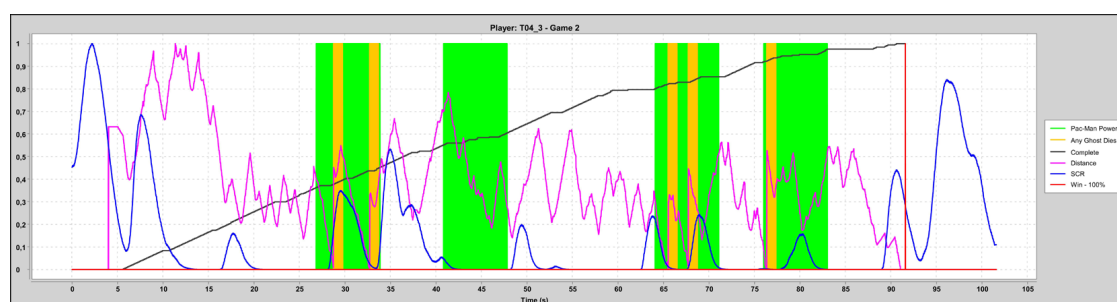


Figura 6.1: Gráfico piloto para análise do comportamento da curva de EDA em relação a eventos do jogo.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Nessas primeiras análises, como o objetivo era conseguir extrair emoções como respostas na observação dos dados dos biossensores, um dos primeiros testes foi extrair a curva de SCR a partir da curva de EDA para observar como era seu comportamento em relação aos eventos do jogo.

Para a criação do gráfico da Figura 6.1 foram utilizados alguns marcadores que foram colocados no jogo durante a criação dos logs, assim era possível saber quando certos eventos aconteciam no jogo e correlacioná-los com os dados dos biossensores. Nesse caso foram utilizados os marcadores:

1. consumiu um *power-up*;
2. algum fantasma foi capturado;
3. percentual de conclusão da fase;
4. distância entre os fantasmas e o Pac-Man
5. jogador venceu ou perdeu.

Então esses marcadores foram correlacionados com a curva de SCR para que fosse possível ver qual era o comportamento da curva para cada um desses eventos. Utilizar a abordagem de análise da curva de EDA baseando-se na SCR, foi útil no início porque facilita a visualização dos disparos na curva. A partir disso começaram a ser encontradas as primeiras semelhanças entre disparos na curva de SCR nesses eventos.

Mas isso ainda não era suficiente para explicar o que o jogador estava sentindo, uma vez que segundo a literatura, a curva de EDA só indica que a pessoa está excitada ou relaxada. Então era preciso saber porque a pessoa apresentou esse comportamento, considerando que, por exemplo, ao consumir um *power-up*, um disparo na curva de EDA pode significar duas coisas, uma é que o jogador se sente com poder e pode sair atrás dos fantasmas para conseguir uma pontuação maior e outra é que se sente seguro por os fantasmas estarem se afastando e então vai tentar comer o máximo de bolinhas durante esse tempo. Nos dois casos os jogadores sentem segurança, mas um grupo de jogadores vai usar a segurança para atacar e o outro grupo vai aproveitar para se defender.

Por isso começou a surgir a necessidade de olhar para mais dados do jogo e procurar informações dos motivos que levaram aos disparos emocionais. Então algumas métricas começaram a ser adicionadas, como por exemplo, o número de fantasmas que eram capturados durante a fase. Normalmente quando o jogador fugia dos fantasmas, não os capturava e tinha algum disparo na curva de EDA era porque estava em alguma situação de estresse, enquanto os jogadores que queriam capturar o maior número de fantasmas apresentavam disparos da curva de EDA quando

criavam estratégias para atrair vários fantasmas para perto do *power-up* e assim poder capturá-los todos ao mesmo tempo. Na próxima seção é apresentada a forma como foram criados

6.1.2 Análise de Gameplay e Biossensores Utilizando a Plataforma BrainAnswer

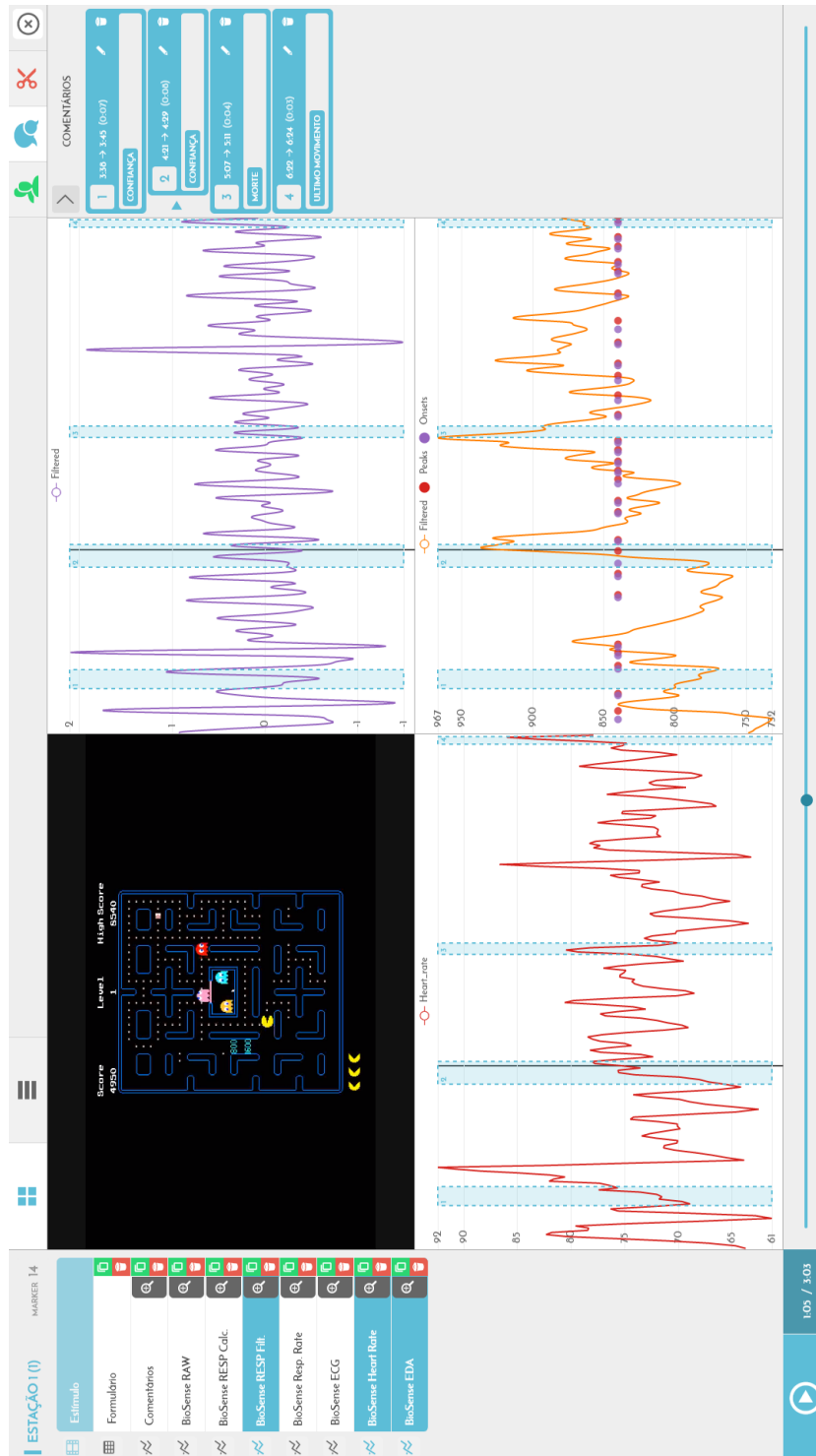


Figura 6.2: Usando a Plataforma BrainAnswer para Análise de Gameplay e Biossensores.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Outra ferramenta muito importante para a análise dos dados, tanto no experimento piloto quanto nos outros foi a plataforma BrainAnswer. Com essa plataforma foi possível visualizar os dados dos biossensores sincronizados com o vídeo de gameplay. Na Figura 6.2 é apresentada a interface utilizada para a visualização dos dados e criação de comentários baseados nas análises feitas.

Para fazer a análise dos dados utilizando a plataforma, primeiramente era selecionado um projeto de havia sido criado e nele continham todos dados coletados de todos os voluntários daquele projeto. Os dados eram agrupados por ordem de recolha e como eram dados anônimos, o nome do voluntário era substituído pelo nome da estação de recolha mais um contador.

As análises eram feitas individualmente, para cada voluntário existiam três fases que deveriam ser estudadas. Para analisar os dados de cada um dos voluntários bastava escolher na lista de recolhas uma estação. Na Figura 6.3 é exibida a lista de coletas de um dos experimentos.

Quando os dados daquele voluntário eram carregados era necessário selecionar quais biossensores deveriam ser exibidos. Como pode ser visto na Figura 6.2 estão sendo exibidos o vídeo do gameplay da fase jogada e os dados das curvas dos biossensores de EDA, Respiração e PPG. Nessa versão da plataforma, já estava implementada a possibilidade de visualizar os dados de frequência cardíaca que foram extraídos do sensor de ECG. O processo de extração desses dados é interno da plataforma e feito pela empresa BrainAnswer.



Figura 6.3: Lista de Coletas de um Experimento Exibida na Plataforma BrainAnswer.

O próximo passo para iniciar a análise em si era carregar o botão play, então o vídeo de gameplay era iniciado e ao mesmo tempo começava a se movimentar um marcador sobre as curvas dos

biossensores. Uma das funcionalidades que a plataforma oferecia era poder fazer comentários diretamente em pontos específicos das curvas. Era possível selecionar partes das curvas dos biossensores e escrever comentários sobre o que foi observado. A utilização de comentários a atividade mais utilizada para as análises durante a segunda etapa do experimento, para sua utilização foi criado um conceito de *tags* que são explicados na Subseção 6.1.2.1.

Assim, após seguir todos esses passos para cada uma das fases jogadas por cada um dos voluntários que participaram do experimento, estava finalizada a etapa de análise de *gameplay*. Então o passo seguinte era a análise das autoavaliações que os voluntários fizeram sobre suas emoções utilizando as escalas de emoções ao jogar cada fase. Essa etapa é apresentada na Seção 6.1.3.

6.1.2.1 Utilização de *Tags* nos Comentários

Para facilitar a pesquisa por padrões, foi definido um conjunto de eventos que acontecem com a maioria dos *gameplays* e então foi criado um conjunto de palavras que representam esses eventos. Isso facilitou muito na criação dos comentários durante as análises, porque como o evento já tinha uma definição, ao invés de escrever o que aconteceu em determinado ponto do *gameplay*, simplesmente era selecionada a área na curva dos biossensores e colocada a *tag* equivalente à situação.

Esse procedimento facilitou a análise visual ao terminar de fazer as marcações em todos *gameplays*, porque bastava selecionar o *gameplay* desejado e olhar para os comentários que era possível saber o que aconteceu em cada um dos pontos de interesse nas curvas dos biossensores. Na Figura 6.2 é possível ver que os comentários possuem um identificador que também aparece nos marcadores que estão nas curvas dos biossensores. A seguir são exibidos os eventos que foram utilizados como *tags* e seus significados.

1. **início do jogo:** Essa *tag* foi utilizada para monitorar os segundos iniciais da fase. No início das análises foi observado que a maioria dos voluntários estava apresentando um comportamento semelhante, então foi definido que esse evento seria observado.
2. **perigo:** Esse evento foi observado para ver como era o comportamento das curvas dos biossensores onde havia uma situação de colisão eminente com fantasma ou ser obrigado a fazer uma brusca inversão de sentido.
3. **encurrulado:** Essa *tag* era utilizada quando eram encontradas no *gameplay* situações onde os fantasmas cercam o *pac-man* deixando uma ou duas saídas. O objetivo de analisar essa situação era para ver como as pessoas reagiam em momentos que não tinham saída ou quando tinham precisavam pensar rapidamente como escapar.
4. **morte:** Esse era um evento comum no jogo do *Pac-Man*, considerando morte como o evento onde o *Pac-Man* é comido por um dos fantasmas. Muitas pessoas cometiam erros que as levava a gastar uma vida ou ao *game over*. Assim o objetivo era observar como era o comportamento das curvas dos biossensores após a ocorrência desse evento.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

5. **suicídio:** Esse era um evento onde havia uma clara ação de desistência do jogo, quando o voluntário atira o Pac-Man contra os fantasmas. Nesse caso o objetivo era observar se existia um padrão nas curvas entre todas as pessoas que desistiam do jogo.
6. **confiança:** Essa *tag* foi associada ao evento onde após consumir um *power-up* o jogador inverte o jogo e passa a caçar os fantasmas ou aproveita para coletar mais bolinhas enquanto os fantasmas se afastam. Esse evento ainda poderia ter sido dividido em dois, um onde a pessoa que sai a caça dos fantasmas e outro evento para quem fica na defensiva, mas ficou definido que só seria observado se havia diferença de comportamento entre quem consumia os *power-ups* com um objetivo definido em comparação com quem simplesmente passava pelo *power-up* se seguia em frente.
7. **power-up:** Essa *tag* foi associada ao evento onde após consumir um *power-up* o jogador continuava o caminho que estava, mas sem uma estratégia para caçar fantasmas. Eram os casos onde a pessoa estava com a vantagem de estar imune aos fantasmas, mas ignorava isso e continuava seu caminho. Normalmente ocorria quando a pessoa estava passando por uma área onde estava o *power-up* e consumia pelo acaso.
8. **último movimento:** Esse era o evento onde estava claro que a pessoa iria vencer o jogo porque não havia mais riscos e o Pac-Man já estava a comer as últimas bolinhas para vencer o jogo. Aqui o objetivo era comparar com as pessoas que finalizavam o jogo com *game-over*, ou seja, com o evento morte e observar o comportamento das curvas nos dois casos.
9. **divergente:** Outro ponto que também foi observado foi alguns momentos onde havia um disparo na curva dos biossensores sem motivo aparente no *gameplay*. Esse evento foi chamado de divergente por essa razão.

6.1.3 Análise da Autoavaliação dos Voluntários Baseada nas Escalas de Emoções

Ao contrário das análises de *gameplay* que foram feitas para cada uma das fases jogadas por cada um dos voluntários, a análise das autoavaliações dos voluntários foi feita agrupando todos os dados. Para isso foi utilizado o sistema de BI apresentado na Seção 2.6.3, que foi desenvolvido especificamente para esse estudo.

Para fazer a análise das autoavaliações dos voluntários foram utilizadas quatro dashboards diferentes, uma para a escala de emoções PrEmo e outras três para a escala SAM. As duas escalas têm a mesma finalidade, mas possuem modelos diferentes. A escala SAM utiliza três grupos de imagens para a representação das emoções, um para satisfação, um para excitação e outro para domínio, enquanto a escala PrEmo tem tudo isso em um conjunto único de imagens e resume-se em estado emocional. Os detalhes sobre cada uma das escalas podem ser encontrados nas Seções 2.2.3 e 2.2.4.

Para fazer as análises, foram utilizados três filtros nessas dashboards, que foram:

1. **eventos:** esse filtro permitiu a criação de grupos para cada uma das fases jogadas e um para as autoavaliações que os voluntários faziam baseando-se na experiência ao jogar todas as fases. Dessa forma, as opções possíveis foram Game X0 que se refere à primeira fase do jogo do Pac-Man, Game X1 que é a segunda fase, Game X2 que são os resultados

para a terceira e última fase do jogo e Final, que é a avaliação de todas as fases.

2. **integridade dos dados:** esse filtro possibilitava agrupar as recolhas de forma que era possível escolher entre Completo, Parcial e Todos. Em **Completo** permitia exibir apenas as recolhas em que os dados de todos os biossensores estavam completos e o vídeo de gameplay também foi armazenado. Em **Parcial** possibilitava exibir recolhas que continham dados completos de pelo menos um biossensor. E em **Todos** o sistema exibia todas as recolhas. Foi necessário aplicar esse filtro porque como aconteceram situações pontuais como, algumas recolhas não gravarem o vídeo de gameplay, outras onde algum sensor apresentava saturação, principalmente o sensor de EDA, ou até mesmo em caso onde os sensores não ficavam bem posicionados e não forneciam dados. A aplicação desse filtro foi possível porque todos esses dados, dos sensores e gameplay foram inspecionados manualmente e então essa flag aplicada a cada recolha também foi definida de forma manual.
3. **jogador sob pressão:** Esse foi um filtro adicionado para poder separar o grupo de voluntários que participaram do teste onde as fases do jogo ficavam cada vez mais difíceis, assim foi possível alternar em ver os dados apenas desse grupo, apenas os que não participaram desse teste e visualizar tudo.

Na Figura 6.4 está um exemplo da dashboard da escala PrEmo onde exibe os gráficos de estado emocional dos voluntários. Com a utilização dessa dashboard ficou mais claro de entender qual foi a emoção geral que a pessoa teve ao jogar determinada fase, por outro lado, só com essa escala era mais difícil de entender por que a pessoa apresentou determinada emoção.

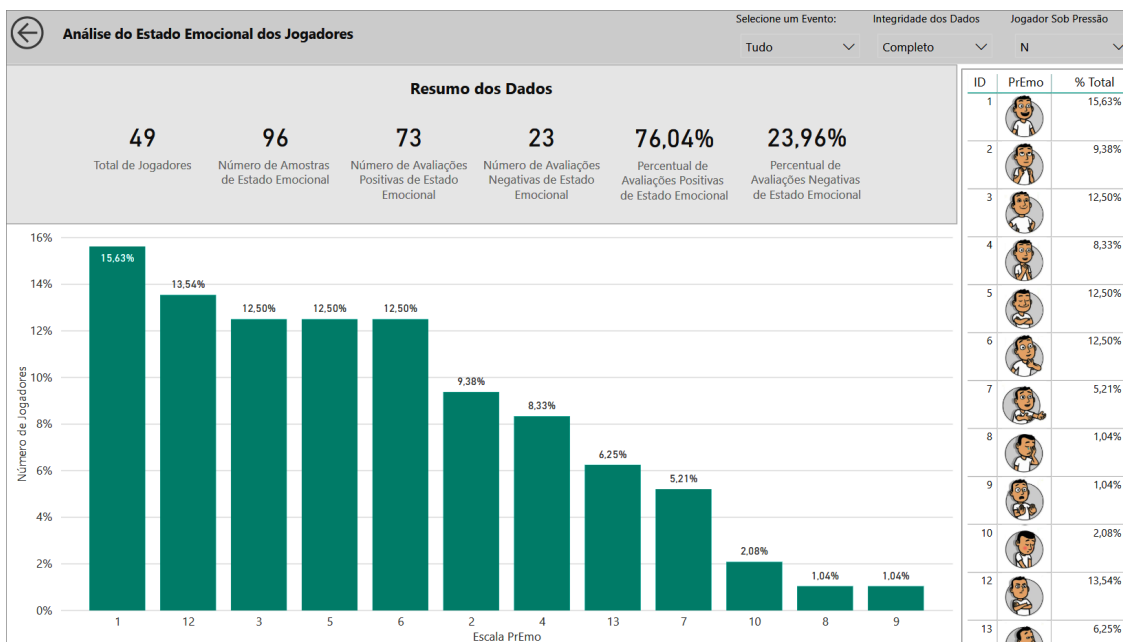


Figura 6.4: Modelo de Gráfico para Avaliação do Estado Emocional dos Voluntários.

Durante o processo de análises foram consideradas apenas as coletas que estavam com todos os dados dos biossensores e tinham o vídeo de gameplay salvo. Isso reduziu o volume de coletas disponíveis para análises, mas permitiu que todas fossem analisadas com a mesma metodologia.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Na Figura 6.5 é apresentada a dashboard que exibe as informações relacionadas ao nível de satisfação que o voluntário afirmou sentir para uma determinada fase do jogo. Assim como a dashboard anterior, também foi utilizada para fazer comparações entre as fases do jogo e assim saber se a satisfação aumentou ou diminuiu com a predição das configurações.

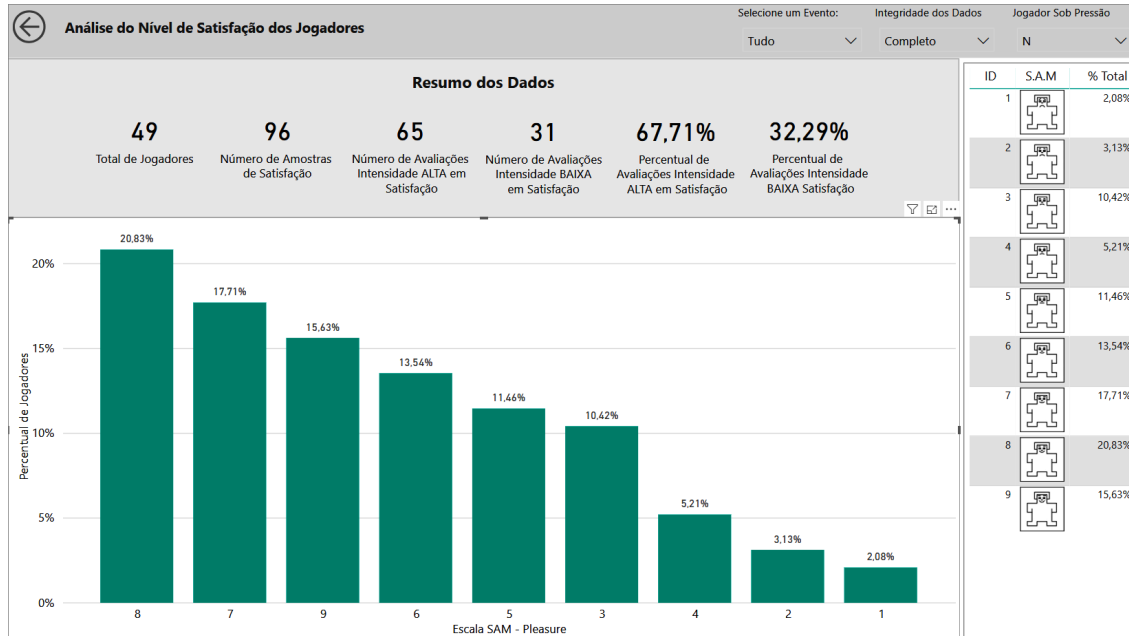


Figura 6.5: Modelo de Gráfico para Avaliação do Nível de Satisfação dos Voluntários.

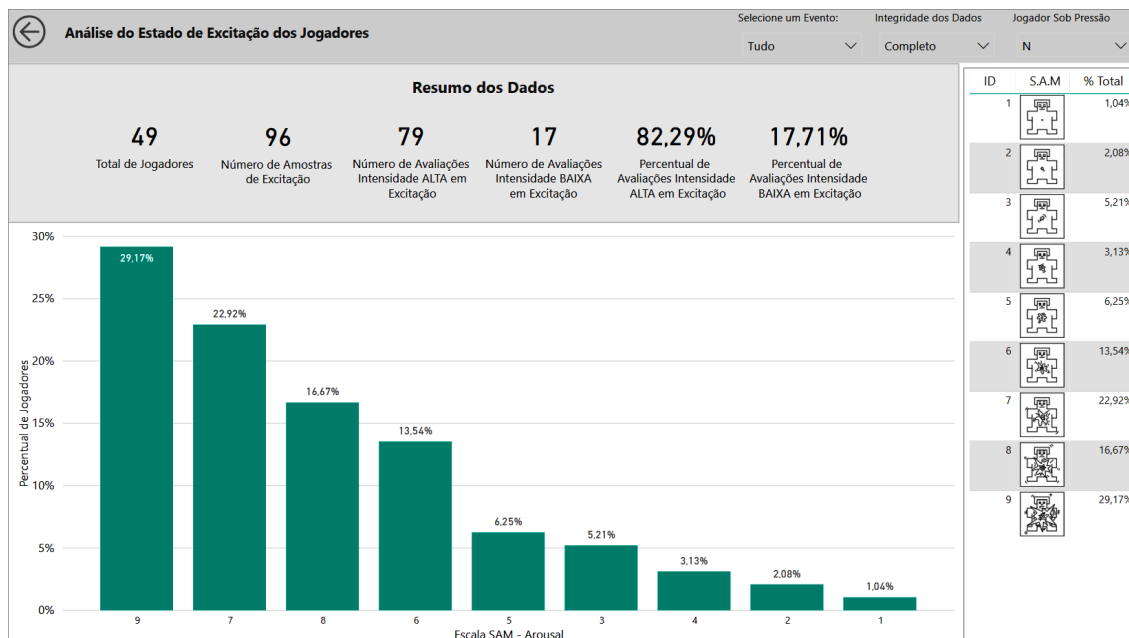


Figura 6.6: Modelo de Gráfico para Avaliação do Nível de Excitação dos Voluntários.

Na Figura 6.6 é apresentada a dashboard utilizada para extrair as informações relacionadas ao nível de excitação do voluntário. Saber o quão excitada a pessoa estava ao jogar foi útil para

saber o quão envolvente foi o jogo. Também foi utilizada para a comparação entre fases.

E a última das dashboards é apresentada na Figura 6.7, que foi utilizada para visualizar as informações relacionadas ao nível de domínio que os voluntários consideram ter enquanto jogavam determinada fase. Observar esses gráficos entre as fases possibilitou entender se as configurações criadas pelo sistema de predição de níveis foram as esperadas ou se houve alguma discrepância nos valores.

Em suma, com a utilização dessas quatro dashboards que trabalharam de forma complementar entre si, foi possível fazer as comparações entre as fases jogadas e com isso fazer a análise das emoções dos voluntários e analisar também os resultados do uso do *biofeedback* para fazer as alterações nas configurações das fases.

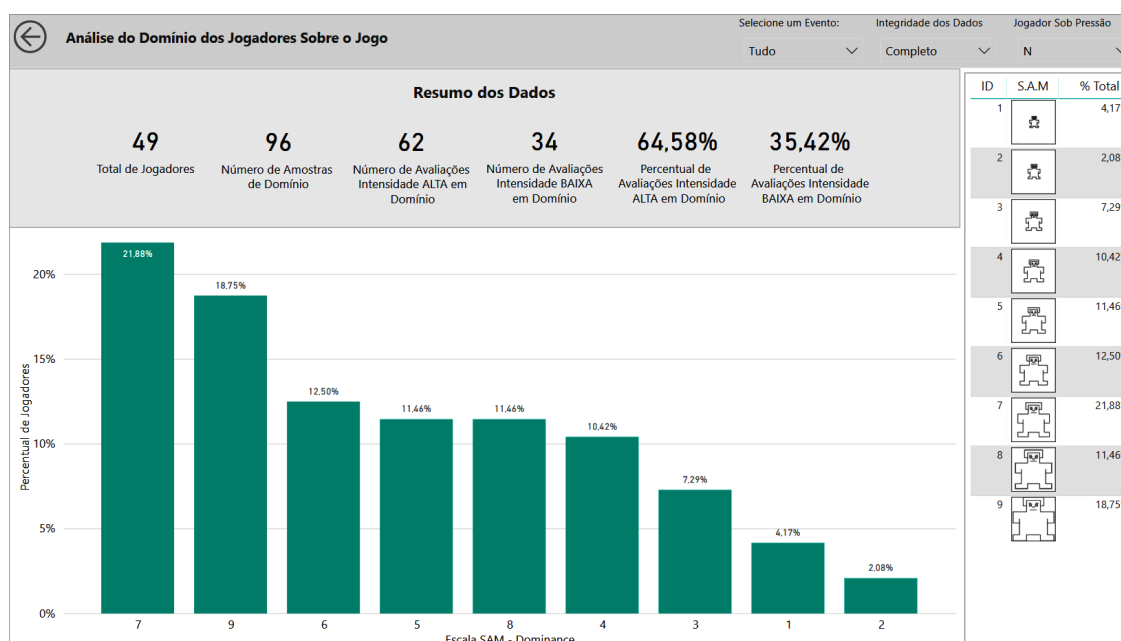


Figura 6.7: Modelo de Gráfico para Avaliação do Nível de Domínio dos Voluntários.

6.2 Procedimento para Validação da Escala PrEmo

Para validar se as pessoas realmente conseguiam expressar as suas emoções através da escala PrEmo foi desenvolvido um teste simples onde os jogadores foram convidados a utilizar a escala PrEmo para avaliar imagens com o logotipo de três clubes portugueses de futebol, que foram Benfica, Porto e Sporting. Utilizar clubes de futebol foi motivado pelo grande envolvimento emocional que os Portugueses e Latinos, em geral, nutrem por este esporte.

A escala PrEmo possui 14 valores, os valores de 1 a 7 estão relacionados com os sentimentos

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

positivos e os valores de 8 a 14 estão relacionados com os sentimentos negativos da pessoa, assim, o esperado é que cada adepto avalie sua equipa do coração com valores positivos. Para mais detalhes sobre a escala PrEmo consultar a Seção 2.2.4.

O método de avaliação dos clubes de futebol foi elaborado da seguinte forma: Primeiramente o sistema apresenta um modelo de relaxamento, onde o voluntário tende a ficar mais calmo e os níveis emocionais tendem a ficar mais estáveis.

Em seguida era exibida uma imagem para cada um dos três clubes e na sequência da imagem era exibida as imagens de 1 a 14 da escala PrEmo, onde o voluntário fazia a avaliação daquele clube. Ao finalizar a exibição das três imagens, era perguntado ao voluntário qual era o clube ao qual era adepto, então respondia e o sistema atualizada o arquivo de respostas e o procedimento era finalizado. O fluxograma do processo de avaliação dos clubes de futebol que foi utilizado para validar a escala PrEmo pode ser visto na Figura 6.8.

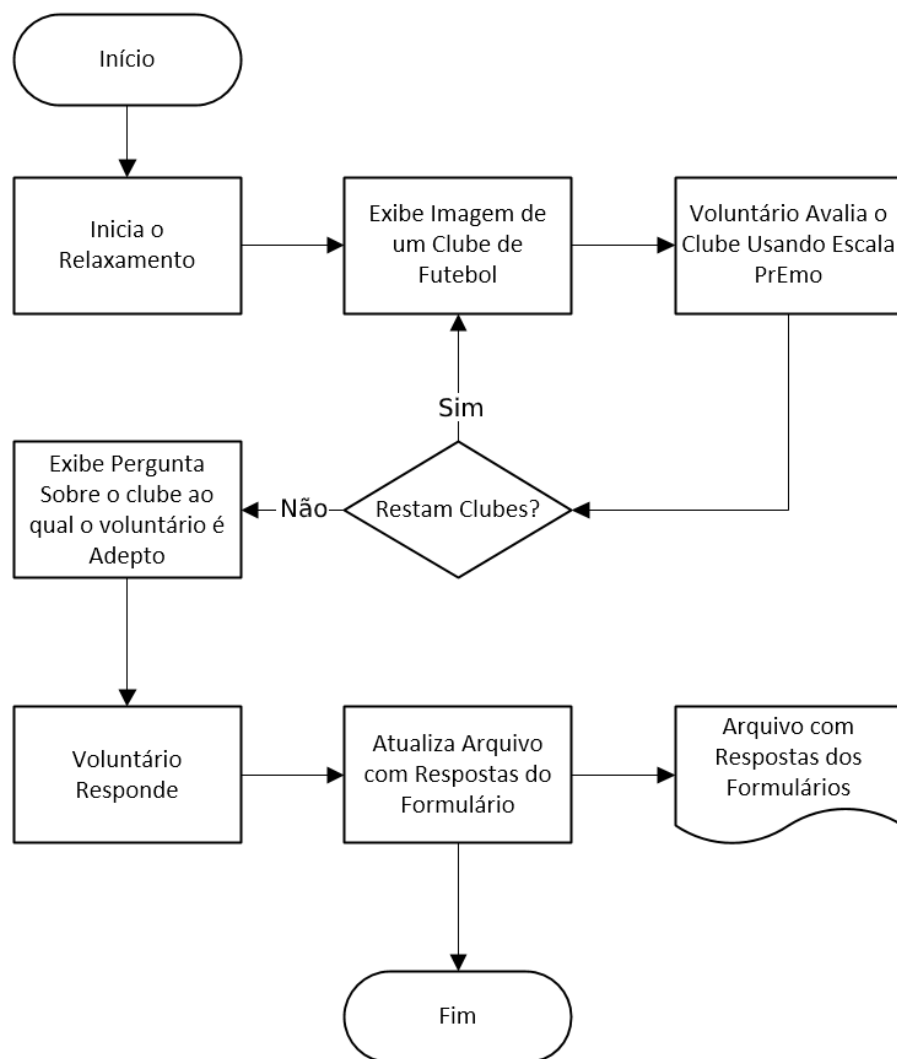


Figura 6.8: Processo de Avaliação dos Clubes de Futebol Utilizando a Escala PrEmo.

Em suma, esses foram os passos utilizados para a validação da escala PrEmo. Na próxima seção são apresentados os resultados obtidos com a aplicação desse teste durante a segunda etapa de experimentos.

6.3 Avaliação do Resultado da Escala PrEmo

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos no teste de avaliação dos clubes de futebol utilizando a escala PrEmo. Esse teste foi muito importante porque era necessário saber se as pessoas conseguiram entender e relacionar corretamente as imagens da escala de acordo com suas emoções. Isso porque a escala PrEmo foi utilizada para fazer a coleta dos dados relacionados ao estado emocional dos voluntários, então para que esses dados pudessem ser avaliados, era necessário saber se os voluntários utilizaram a escala de forma correta.

Na sequência, são apresentados os gráficos obtidos com base nos resultados. Para todas as imagens a seguir que possuam o título “Análise da Avaliação dos Jogadores para as Equipas de Futebol”, cada um dos três clubes foi avaliado por todas as pessoas que participaram do experimento na segunda etapa de recolhas. Nessas imagens, na lateral direita existem duas colunas, uma coluna com o número de identificação da escala PrEmo junto com sua imagem de referência e outra com o número de identificação do voluntário junto com a equipa da qual é adepto.

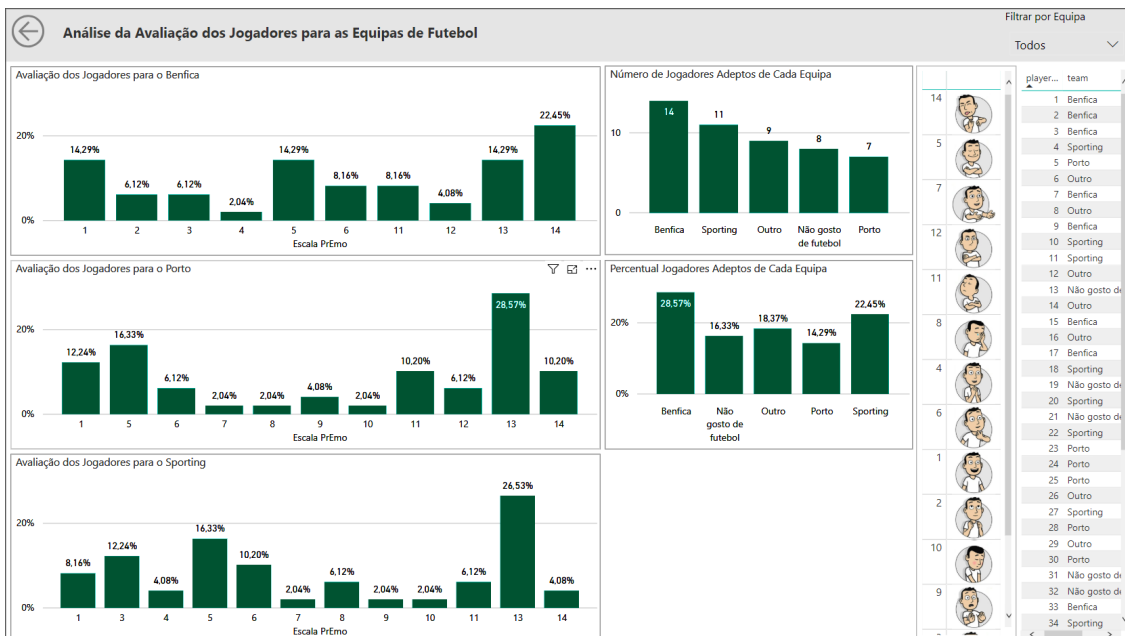


Figura 6.9: Avaliação das equipas de futebol pelos jogadores do estudo.

Na Figura 6.9 estão ilustrados os gráficos sem filtros a título de referência, ondem podem ser

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

visualizadas todas as avaliações para todas as equipas, o número e o percentual de participantes adeptos de cada equipa.

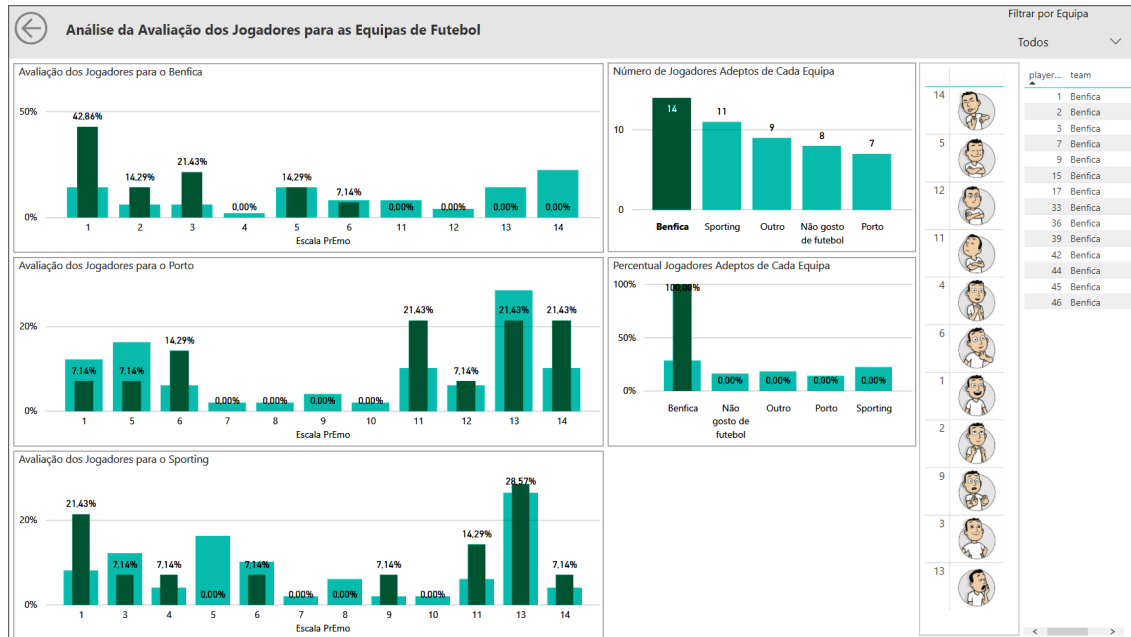


Figura 6.10: Avaliação feita pelos adeptos do Benfica para o Benfica.

Na Figura 6.10 estão ilustrados os gráficos filtrados por adeptos do Benfica. Pode se observar que todos os adeptos do Benfica avaliaram positivamente sua equipa e ao avaliaram a equipa do Porto 71,43%, avaliaram negativamente e 57,14% avaliaram negativamente a equipa do Sporting.

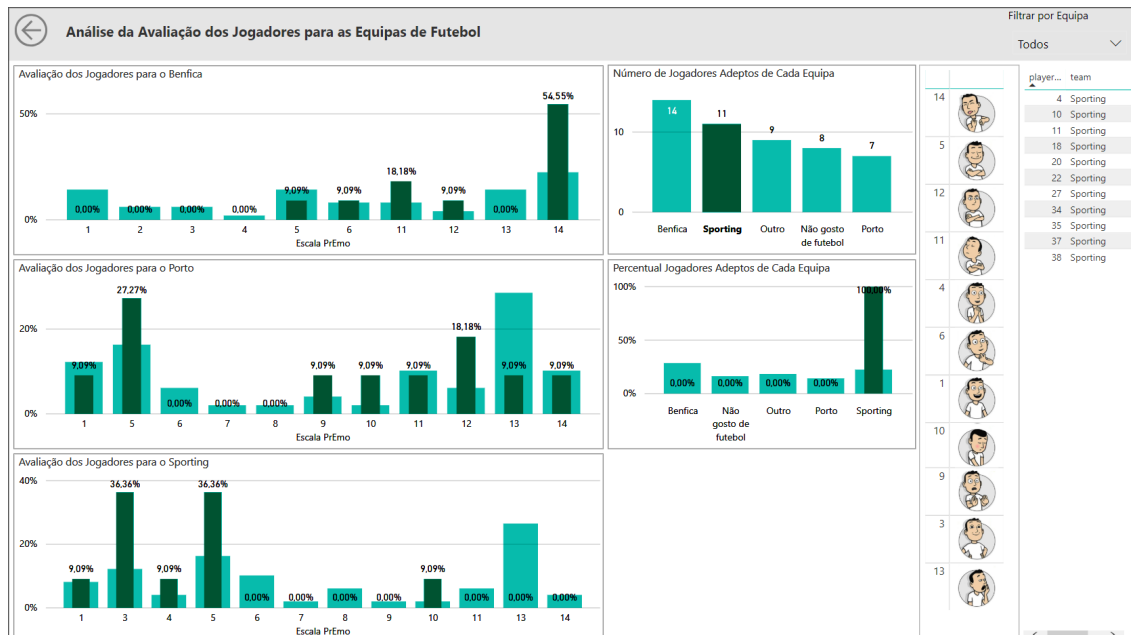


Figura 6.11: Avaliação feita pelos adeptos do Sporting para o Sporting.

Na Figura 6.11 estão ilustrados os gráficos filtrados por adeptos do Sporting. Pode se observar

que 90,91% dos adeptos do Sporting avaliaram positivamente sua equipa e 81,82%, avaliaram negativamente a equipa do Benfica e 63,64% avaliaram negativamente a equipa do Porto.

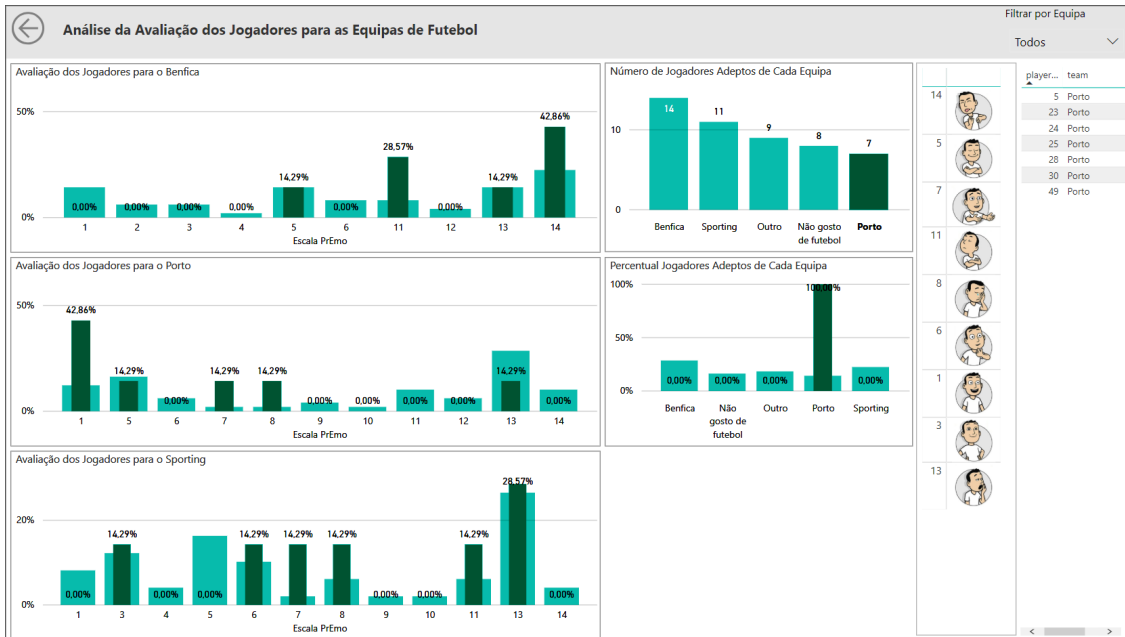


Figura 6.12: Avaliação feita pelos adeptos do Porto para o Porto.

Na Figura 6.12 estão ilustrados os gráficos filtrados por adeptos do Porto. Pode se observar que 71,44% dos adeptos do Porto avaliaram positivamente sua equipa e todos avaliaram negativamente a equipa do Benfica e 57,15%, avaliaram negativamente a equipa do Sporting.

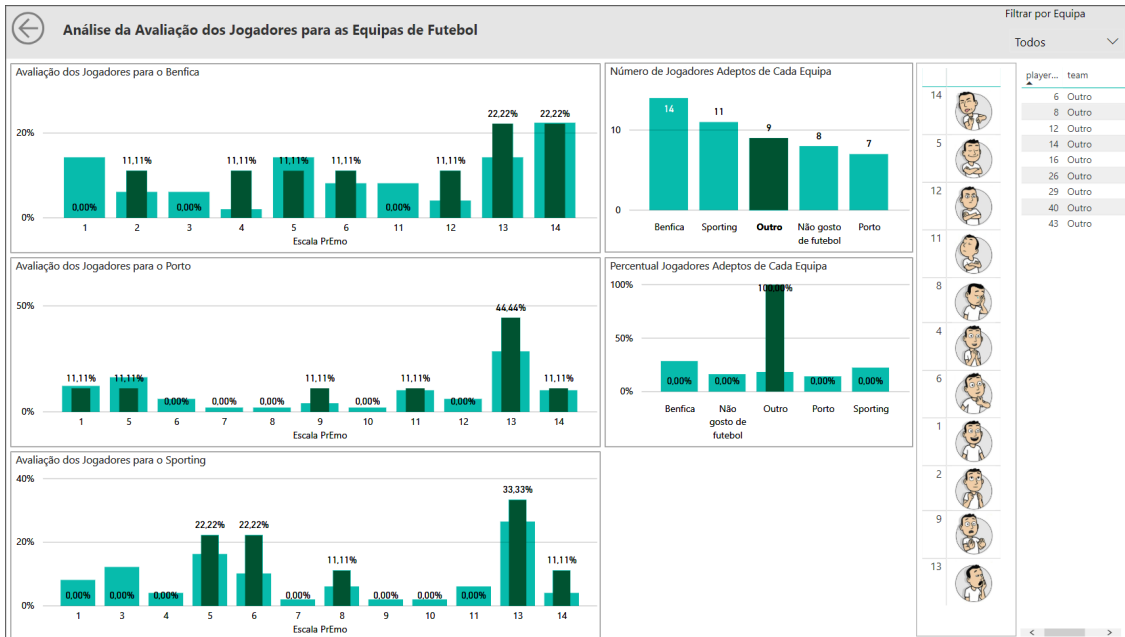


Figura 6.13: Avaliações dos adeptos de Outras Equipas.

Para as pessoas que eram adeptos de outros clubes os resultados também se mantiveram consis-

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

tentes. Na Figura 6.13 estão os resultados para os voluntários que são adeptos de outros clubes, onde 55,55% das avaliações para a equipa do Benfica foram com valores negativos, 77,77% das avaliações para a equipa do Porto foram com valores negativos e 55,55% das avaliações para a equipa do Sporting foram com valores negativos.

Os resultados também se mantiveram consistentes para as pessoas que afirmaram não gostar de futebol. Na Figura 6.14 estão os resultados para esse grupo, onde pode ser visto que pelo menos 50% de todas as avaliações para os clubes foram negativas.

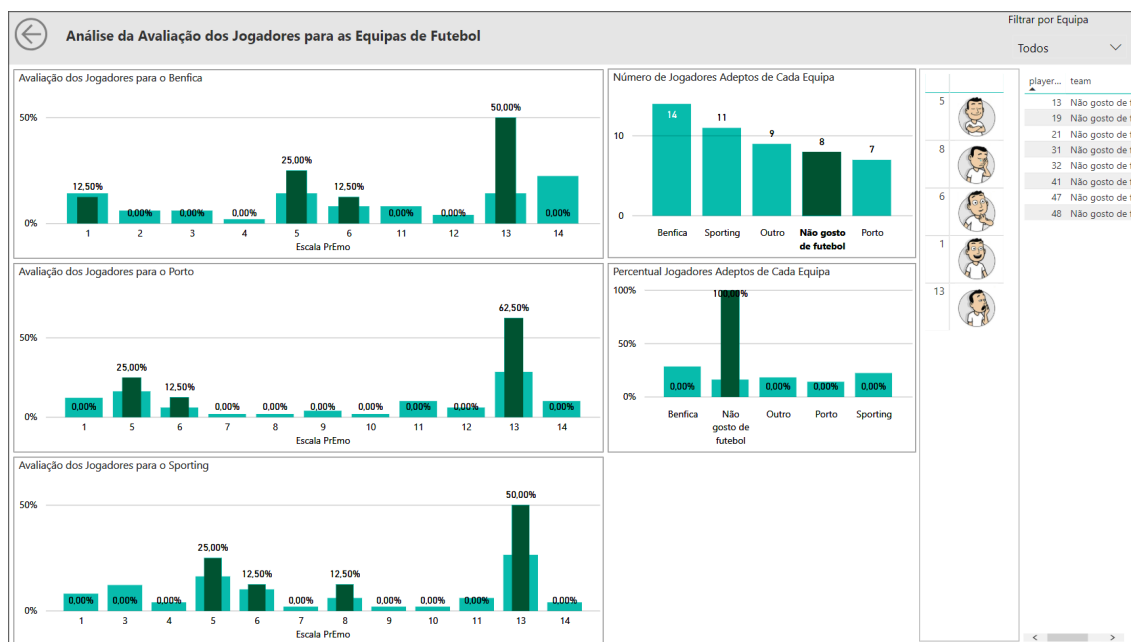


Figura 6.14: Avaliações dos jogadores que não gostam de futebol.

Portanto, com base nos resultados, o que ajudou a confirmar o bom entendimento da escala foi observar-se que as pessoas foram coerentes em suas avaliações. Isso porque cruzando os dados das avaliações com a informação dada pelos jogadores sobre qual era o clube que cada um é adepto, pode-se observar que, em sua maioria utilizaram valores positivos da escala PrEmo para avaliarem a equipa ao qual eram adeptos e os valores negativos da escala para avaliar os clubes rivais. Esperava-se uma unanimidade de avaliações negativas aos rivais, mas considerou-se que isso não aconteceu porque nem todas as pessoas são fanáticas por futebol, algumas simplesmente simpatizam com uma equipa, mas não estão preocupadas se está ganhando ou perdendo e por vezes nem acompanham os campeonatos.

6.4 Discussão dos Estudos

Ao longo dessa pesquisa buscou-se descobrir maneiras de utilizar o *biofeedback* como forma de aumentar a motivação dos jogadores de videogames assim como encontrar uma maneira eficiente de fazer o balanceamento do jogo de forma automática e única para cada pessoa. Para isso foi realizado um experimento de campo com duas etapas de recolhidas de dados.

Durante a primeira etapa o objetivo foi coletar os dados das variáveis do jogo e os dados dos biossensores, para então fazer uma análise cruzando esses dois grupos e assim chegar a uma definição de como fazer a predição das variáveis para a gerar a configuração da próxima fase do jogo do Pac-Man. Nessa etapa as variáveis do jogo foram configuradas manualmente através da plataforma BrainAnswer.

A segunda etapa teve como objetivo utilizar um sistema que fosse capaz de prever qual configuração agradaria mais o utilizador e assim fazer essa modificação. Essa predição foi feita baseando-se nas variações emocionais e desempenho do jogador durante o tempo em jogo. Os testes que foram feitos nessa etapa foram muito semelhantes aos da primeira etapa, o que diferenciou um do outro foi a forma como a configuração dos níveis de dificuldade da próxima fase do jogo foi estabelecida, na primeira foi uma definição humana e na segunda com base nos resultados obtidos através do uso de *biofeedback*.

Assim, durante a pesquisa foram sendo elaboradas algumas questões que guiaram esse estudo. Essas questões são apresentadas com detalhes na próxima seção.

6.5 Introdução das Questões de Pesquisa

Durante a introdução foram propostos dois problemas acessórios, que possuíam o objetivo de orientar a pesquisa ao longo de seu desenvolvimento. O primeiro era que os videogames precisam de uma componente que os ajudem a manter os jogadores motivados e envolvidos emocionalmente a continuarem os jogando. E o segundo problema proposto era que os videogames precisam ser capazes de possuir um balanceamento personalizado para cada pessoa de forma a apresentarem uma experiência única para cada jogador.

Para procurar a resolução desses problemas, foram elaboradas sete questões de pesquisa baseadas na literatura apresentada e orientações de especialistas nessa área de estudos. As questões estão descritas na Tabela 6.1, que possui a estrutura: código da questão, conteúdo e origem, seja literatura ou especialistas.

Código	Questão	Fonte
Q1	A API conseguiu interferir de forma positiva no estado emocional dos jogadores?	Especialistas
Q2	A API conseguiu interferir de forma positiva na excitação dos jogadores?	Especialistas
Q3	A API conseguiu interferir de forma positiva na satisfação dos jogadores?	Especialistas
Q4	A API conseguiu interferir de forma positiva no domínio dos jogadores?	Especialistas
Q5	A API foi eficiente ao alterar o nível de dificuldade dos jogos sendo capaz de agradar os jogadores?	Especialistas
Q6	É possível fazer a predição de níveis utilizando apenas o biossensor de EDA?	Literatura
Q7	Existe um padrão de comportamento nos dados dos biossensores em eventos que se repetem?	Especialistas

Tabela 6.1: Questões de pesquisa para avaliação do uso de *biofeedback* em videogames.

6.6 Respostas Para as Questões de Pesquisa

Acredita-se que com as respostas obtidas ao finalizar essa pesquisa ajudaram a compreender melhor como o *biofeedback* pode ser aplicado aos videogames, assim como forneceu conhecimento para iniciar novas pesquisas, mas agora sabendo por onde começar e o que exatamente procurar.

Para auxiliar no entendimento dos gráficos, a Tabela 6.2 apresenta a escala PrEmo, da forma que foi utilizada nessa pesquisa com seus números de identificação para que quando forem referenciados os nomes das emoções seja possível fazer uma correlação com os IDs dos gráficos. Outra observação a ser feita é quanto ao termo API, por uma razão de simplificação quando for necessário falar do Sistema de Predição de Níveis será utilizado o termo API.

Positivas		Negativas	
ID	Emoção	ID	Emoção
1	Alegria	8	Tristeza
2	Esperança	9	Medo
3	Orgulho	10	Vergonha
4	Admiração	11	Desprezo
5	Satisfação	12	Insatisfação
6	Fascinação	13	Tédio
7	Desejo	14	Nojo

Tabela 6.2: Identificação das emoções na escala PrEmo

Para os gráficos e testes estatísticos que são apresentados ao longo deste capítulo, foi utilizado o ambiente R¹. Para os testes estatísticos foi utilizado o teste "Wilcoxon Rank Sum And Signed Rank Tests com o parâmetro" "paired= TRUE". Para dar início às respostas encontradas, na sequência são apresentadas as questões que guiaram esse estudo.

¹R é um conjunto integrado de instalações de software para manipulação de dados, cálculo e visualização gráfica

Q1. A API conseguiu interferir de forma positiva no estado emocional dos jogadores?

R: Sim. A avaliação final dos voluntários foi positiva em relação ao seu estado emocional. Embora em alguns gráficos possa ser visto um aumento de emoções negativas, do ponto de vista de game design, são emoções que fazem as pessoas continuarem a ser atraídas pelo videogame.

Essa é uma análise que deve ser feita olhando para várias informações ao mesmo tempo. Olhando apenas para o teste estatístico do gráfico na Figura 6.15 e para a Tabela 6.3 que contém os valores de *p-value* e ignorando os conceitos de game design, a avaliação seria que a API apresentou resultados negativos. Isso porque olhando apenas para esses dados pode ser visto uma alteração nas emoções para o espectro negativo da escala. Da mesma forma que olhar apenas para os resultados dos gráficos nas Figuras 6.16, 6.17 e 6.18, que apresentam as variações das emoções ao longo dos jogos também pode gerar interpretações incompletas. Por isso, as análises foram feitas considerando as variações emocionais junto com o teste estatístico.

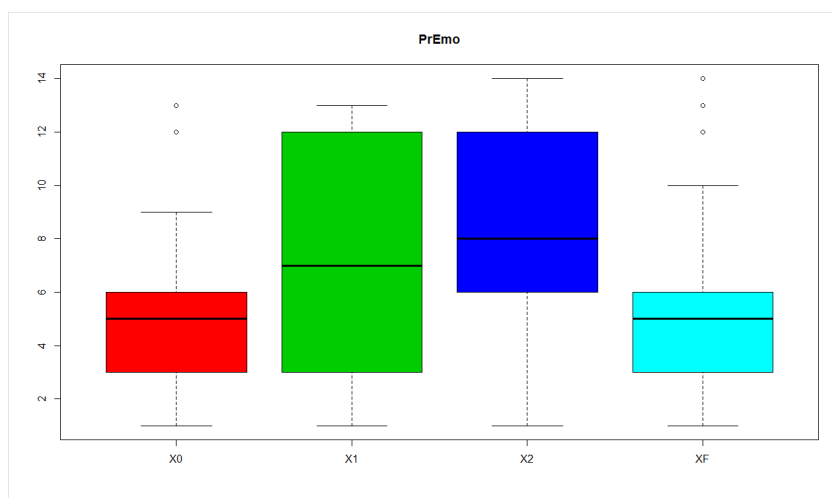


Figura 6.15: Variação do estado emocional dos jogadores ao longo das fases jogadas.

Jogo A	Jogo B	Maior	Menor	Igual
X0	X1	0.99	0.0103	0.02059
X0	X2	0.9996	0.0004171	0.0008341
X0	XF	0.7841	0.2197	0.4394
X1	X2	0.9075	0.09551	0.191
X1	XF	0.005459	0.9947	0.01092
X2	XF	0.0002421	0.9998	0.0004842

Tabela 6.3: Valores de *p-value* para os comparativos entre jogos na escala PrEmo

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

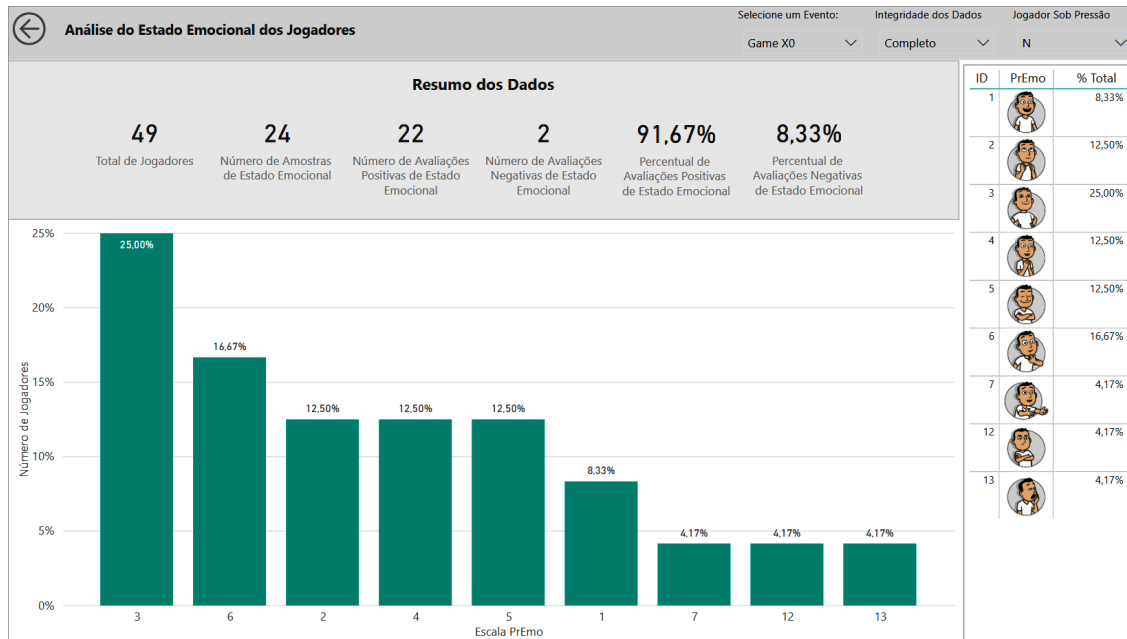


Figura 6.16: Avaliações dos jogadores sobre seu estado emocional no jogo X0.

Durante a primeira fase jogada, no jogo X0, que foi configurada manualmente e foi igual para todos que participaram do experimento, mais de 90% das avaliações foram com emoções do grupo positivo da escala PrEmo. Houve uma grande dispersão entre os valores e o que mais se destacou foi o que na escala PrEmo significa orgulho, ficando com 25% de todas as avaliações, como pode ser visto na Figura 6.16.

O que se observou nessa fase foi uma concentração nas emoções de Orgulho e Fascinação. Acredita-se que muitas pessoas se sentirem orgulhosas está relacionada com um bom desempenho que apresentaram durante a fase, isso sem saber que as configurações do jogo estavam em um nível fácil. A Fascinação também pode se encaixar com o fator da facilidade de vencer, considerando que a pessoa quando iniciou o jogo não esperava por isso.

Após a API gerar a configuração da segunda fase, jogo X1 as emoções se alteraram. Como pode ser visto na Figura 6.17, houve um aumento significativo nas avaliações de Alegria de 8,33% para 20,83%. As avaliações de Desejo passaram de 4,17% para 12,50%. Surgiram nesse gráfico emoções como Tristeza e Vergonha. Também do lado negativo do espectro de emoções houve um aumento de Insatisfação saindo 4,17% para 16,67% e Tédio de 4,17% para 12,50%. Outra alteração significativa foi a redução do nível de Orgulho, que na primeira fase foi de 25% e teve uma queda para 4,17% na segunda fase.

Estatisticamente também houve um aumento significativo na variação das emoções entre as duas fases como pode ser visto no gráfico na Figura 6.15 e na Tabela 6.3, comparando se o jogo X0 foi menor que X1, o resultado de *p-value* confirma com o valor 0.0103.

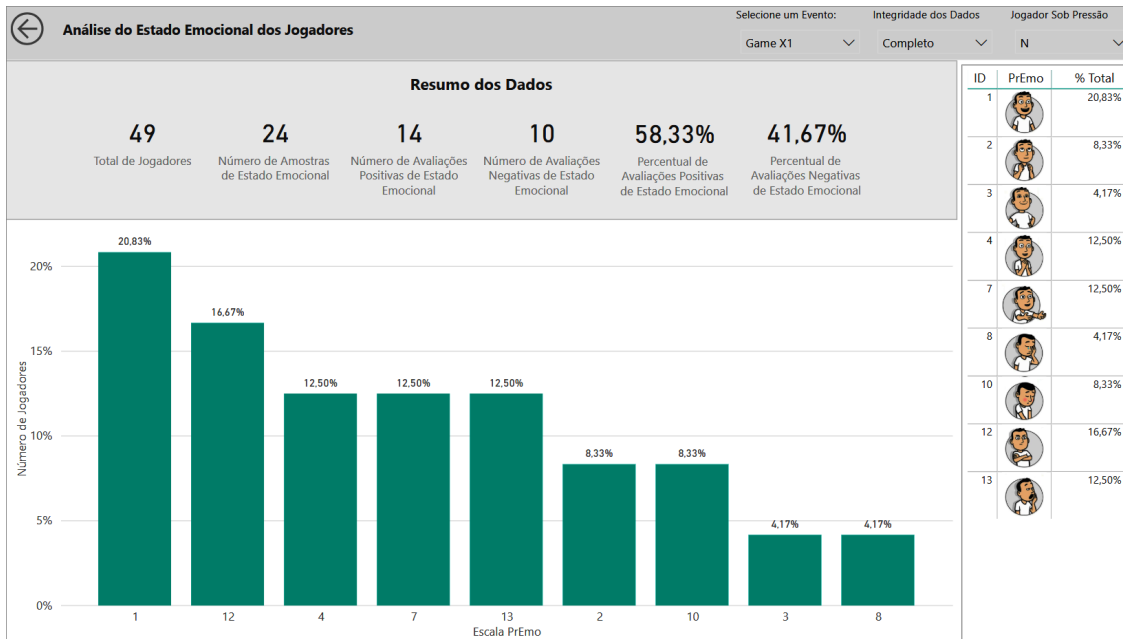


Figura 6.17: Avaliações dos jogadores sobre seu estado emocional no jogo X1.

Do ponto de vista de balanceamento de jogos os resultados das novas configurações para a segunda fases foram bons. Primeiramente pela migração das avaliações positivas para Alegria e aumento nas avaliações de Desejo. Dessa forma o que se observou foi que o sistema conseguiu manter a atenção das pessoas e ainda conseguiu fazer com que ainda estivessem dispostas a continuar jogando.

O segundo ponto foi o aparecimento de avaliações que do ponto de vista das escalas de emoções são consideradas negativas, como é o caso de Tristeza e Vergonha, mas para o balanceamento de jogos são importantes. No caso do jogo do Pac-Man como não existe uma narrativa explicita que faça a pessoa sentir tristeza, entende-se que esse sentimento foi gerado devido à pessoa não apresentar um desempenho igual ou superior ao que apresentou quando jogou a primeira fase. Isso também vale para a emoção de Vergonha.

Por outro lado, houve também um aumento nas emoções de Insatisfação e Tédio. No caso do Tédio, provavelmente eram pessoas com mais experiencia e a API gerou uma fase ainda mais fácil que a anterior, que fez com as pessoas não gostassem do resultado por estarem esperando um desafio maior. A Insatisfação é um pouco mais complexo de se fazer alguma afirmação porque pode estar relacionado tanto com o desempenho da pessoa quanto com ela realmente não ter gostado da fase. Normalmente essa são emoções que não tem outra interpretação se não elas mesmas, mas a interpretação feita para esse gráfico leva em consideração as considerações finais dos voluntários, que são apresentadas mais à frente. Essa é uma lacuna que deve ser corrigida nos experimentos futuros, onde deverá ser acrescentado mais um paço onde o voluntário explique o que sentiu, facilitando assim as interpretações em casos onde possam

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

ocorrer ambiguidades.

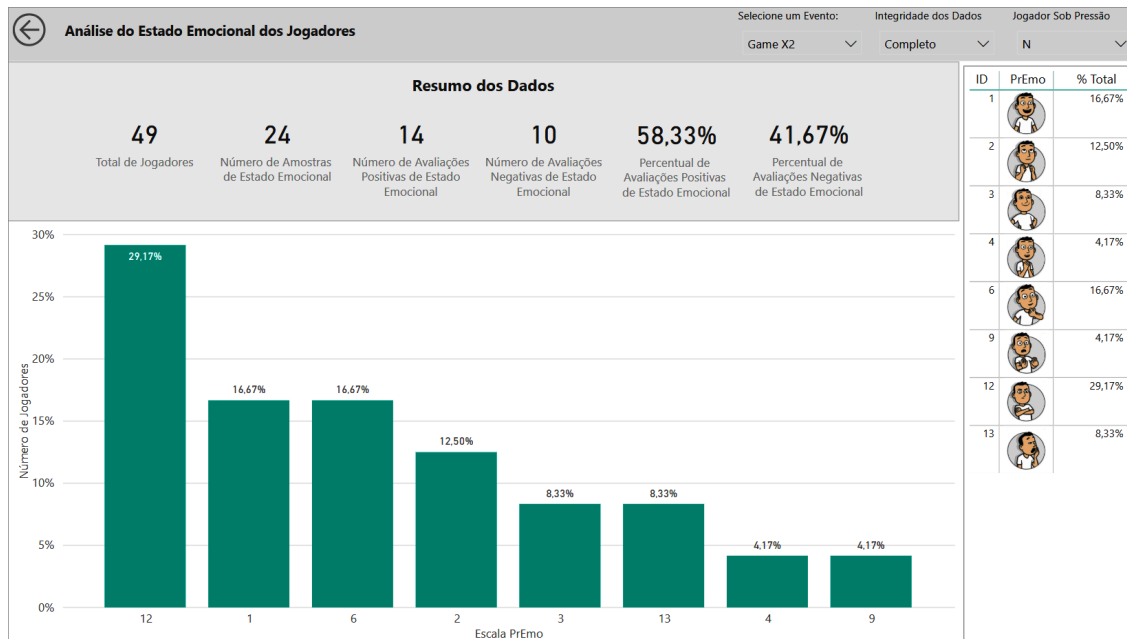


Figura 6.18: Avaliações dos jogadores sobre seu estado emocional no jogo X2.

Na segunda interação da API, com a criação das configurações da terceira fase, em jogo X2, novamente houve um reagrupamento das emoções, como pode ser visto na Figura 6.18. No espectro positivo mais de 40% das avaliações ficaram em Alegria, Esperança e Fascinação, enquanto no lado negativo houve uma migração para Insatisfação que representou 29,17% do total de avaliações.

Estatisticamente não houve variações significativas entre os identificadores das emoções entre os jogos X1 e X2. As emoções significativas se mantiveram no mesmo intervalo, como pode ser visto no gráfico da Figura 6.15 e na Tabela 6.3, comparando se os identificadores se mantiveram, o resultado de p -value foi de 0.191, confirmando que não houve alterações.

Na terceira fase a API ainda continuou a manter o nível de avaliações positivas apenas com migrações de emoções. Acredita-se que o aumento nas avaliações de Fascínio está relacionado com a surpresa que as pessoas tiveram ao jogarem um videogame tão simples e mesmo assim apresentar variações que as motivaram a jogar. Em contra partida, do lado negativo do espectro das emoções, houve um agrupamento das avaliações de Insatisfação, que novamente não há como afirmar o que as originou.

O último gráfico relacionado com estado emocional pode ser visto na Figura 6.19, que foi gerado com base nas avaliações dos voluntários após jogarem as três fases, em que a pergunta antes do formulário era: “Indique qual a imagem que melhor reflete o seu estado emocional APÓS OS JOGOS?”. Entre todos os participantes com dados válidos, 95,83% avaliaram positivamente

e apenas um, representando 4,17% do total que avaliou com a emoção de Insatisfação.

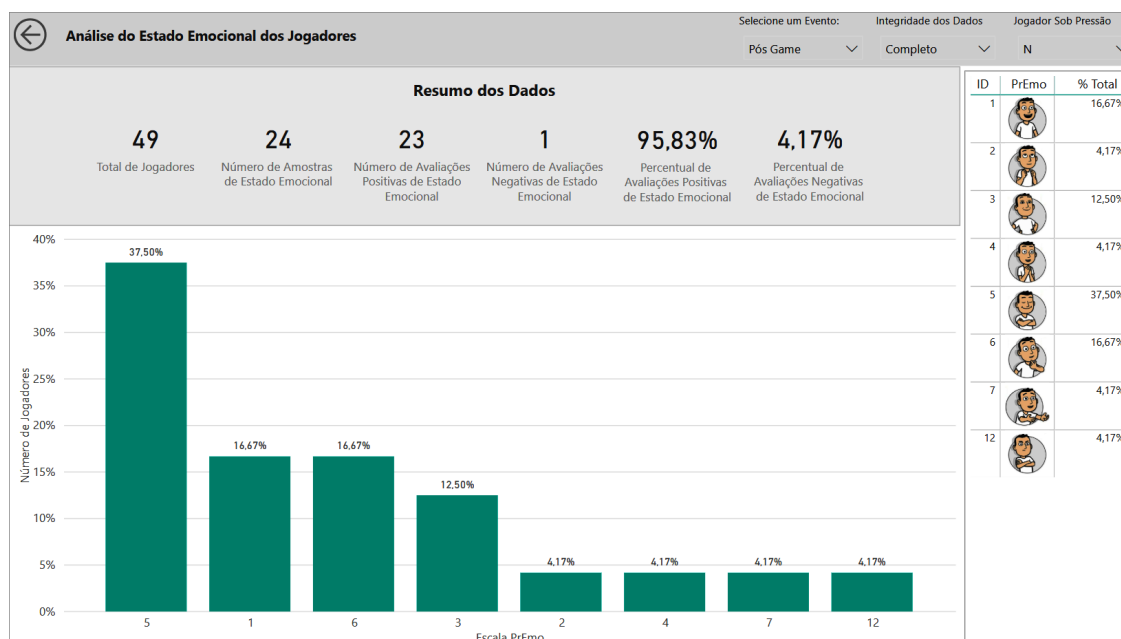


Figura 6.19: Avaliações dos jogadores sobre seu estado emocional ao final do teste.

Como pode ser visto no gráfico da Figura 6.15 e na Tabela 6.3, ao fazer o teste estatístico entre a primeira fase X0 e a avaliação final dos voluntários XF para verificar se os valores das emoções se mantiveram no mesmo intervalo, o resultado de *p-value* confirma com o valor de 0.4394, que as avaliações foram semelhantes nos dois momentos.

O que permitiu afirmar que a API conseguiu interferir de forma positiva no estado emocional dos jogadores foi a avaliação final que fizeram. Apenas uma pessoa que avaliou negativamente a experiência, o restante dos voluntários utilizou emoções positivas para expressar sua experiência com o jogo do Pac-Man.

Por curiosidade, foram analisadas todas as respostas anteriores dessa pessoa e desde a fase jogo X0 essa pessoa foi avaliando negativamente com a emoção de Insatisfação. Essa análise foi possível porque no sistema de BI desenvolvido para a etapa de análises é possível ver o identificador dos voluntários que estão em cada um grupo de emoções. Acredita-se que essa sequência de avaliações negativas seja em razão a pessoa ter se sentido na obrigação de participar do experimento e só para não se negar a participar fez sem muito interesse.

Lembrando que os dados são anônimos, o que se tem é apenas um número de identificação. Esse tipo de análise profunda não foi realizado com os demais participantes devido ao tempo necessário para verificar as migrações de emoções. Só eram feitas em casos específicos para melhorar a interpretação.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Portanto, devido ao alto índice de aprovação por parte dos voluntários, pode-se dizer que a API fez um bom trabalho. Não significa que acertou em tudo, mas na medida do possível conseguiu apresentar bons resultados.

Q2. A API conseguiu interferir de forma de positiva na excitação dos jogadores?

R: Parcialmente. Houve uma variação nos níveis de excitação dos jogadores, o que é esperado em balanceamento de videojogos, uma vez que a excitação não pode ser sempre crescente. Na avaliação final a maioria dos voluntários apresentou altos níveis de excitação, mas como a primeira fase jogada também apresentou altos níveis de excitação, não foi uma variação estatisticamente significativa.

Considerando os testes estatísticos, praticamente não houve variações nos valores de excitação entre os jogos. Apenas entre a última fase jogada, X2 e a avaliação geral dos voluntários que apresentou uma variação estatisticamente significativa, como pode ser visto no gráfico da Figura 6.20 e na Tabela 6.4.

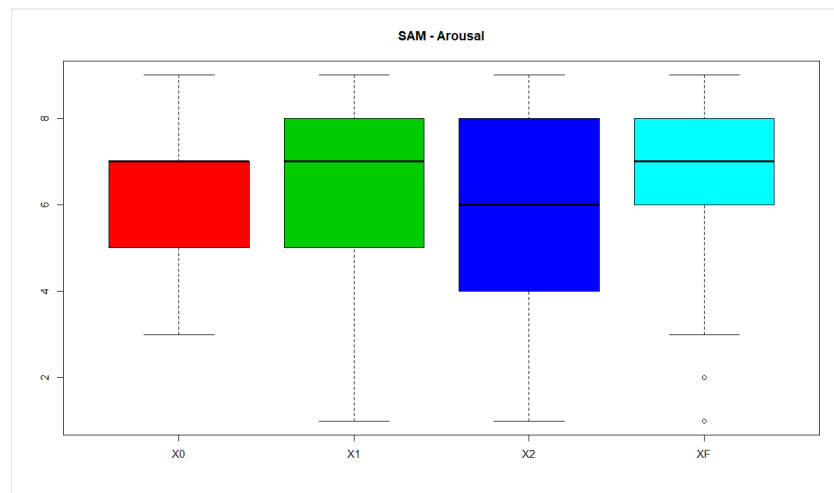


Figura 6.20: Variação da excitação dos jogadores ao longo das fases jogadas.

Jogo A	Jogo B	Maior	Menor	Igual
X0	X1	0.1367	0.8671	0.2734
X0	X2	0.06351	0.9383	0.127
X0	XF	0.6547	0.352	0.704
X1	X2	0.1625	0.842	0.325
X1	XF	0.8651	0.1383	0.2766
X2	XF	0.9864	0.01423	0.02846

Tabela 6.4: Valores de *p-value* para os comparativos entre jogos na escala SAM - Arousal

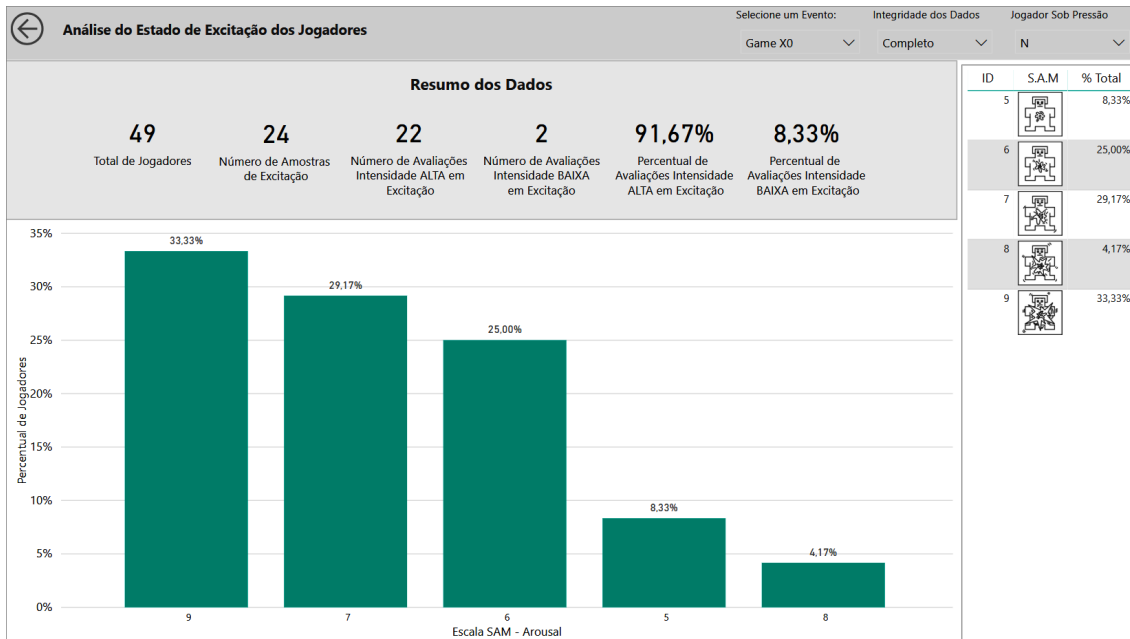


Figura 6.21: Avaliações dos jogadores sobre sua excitação no jogo X0.

Ao analisar os gráficos que estão nas Figuras 6.21, 6.22 e 6.23 e compará-los com o teste estatístico, observa-se que o nível de excitação apresentou variações, mas como desde o primeiro jogo as avaliações foram de alta excitação e não houve nenhuma fase onde os voluntários apresentassem desinteresse pelo jogo, de maneira geral essas variações foram migrações entre os valores e por isso não apresentaram uma variação significativa. O ponto positivo para a API foi que mesmo com a dispersão nos valores de excitação no último jogo, a avaliação final dos jogadores foi significativamente mais positiva.

Para a avaliação no nível de excitação dos voluntários foi utilizada a escala SAM, que utiliza uma sequência numérica de 1 a 9, onde 1 significa menor intensidade e 9 maior intensidade. Para as análises foram considerados como altos os valores maiores do que 5, assim pode-se dizer que na primeira fase todos os jogadores apresentaram níveis de excitação alto, porque em relação à escala os valores ficaram acima da metade.

Durante a primeira fase, no jogo X0 a maior parte dos voluntários apresentou altos níveis de excitação. Como pode ser visto na Figura 6.21, 91,67% dos voluntários avaliaram seu nível de excitação com valores acima de 5, dentre os quais 33,33% apresentaram o nível máximo de excitação. Esses dados podem ser vistos na Figura 6.21.

Ao jogarem a segunda fase, no jogo X1 houve uma leve queda no nível de excitação dos voluntários. Nessa fase 75% das pessoas relataram altos níveis de excitação. Ainda se manteve acima de 60% o número de pessoas com os valores muito altos de excitação. Houve apenas uma migração entre os valores da escala. Nos níveis mais baixos, 12,5% ficaram no valor médio da

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

escala e surgiram nessa fase os valores muito baixos, totalizando 12,5%. Esses dados podem ser vistos na Figura 6.22.

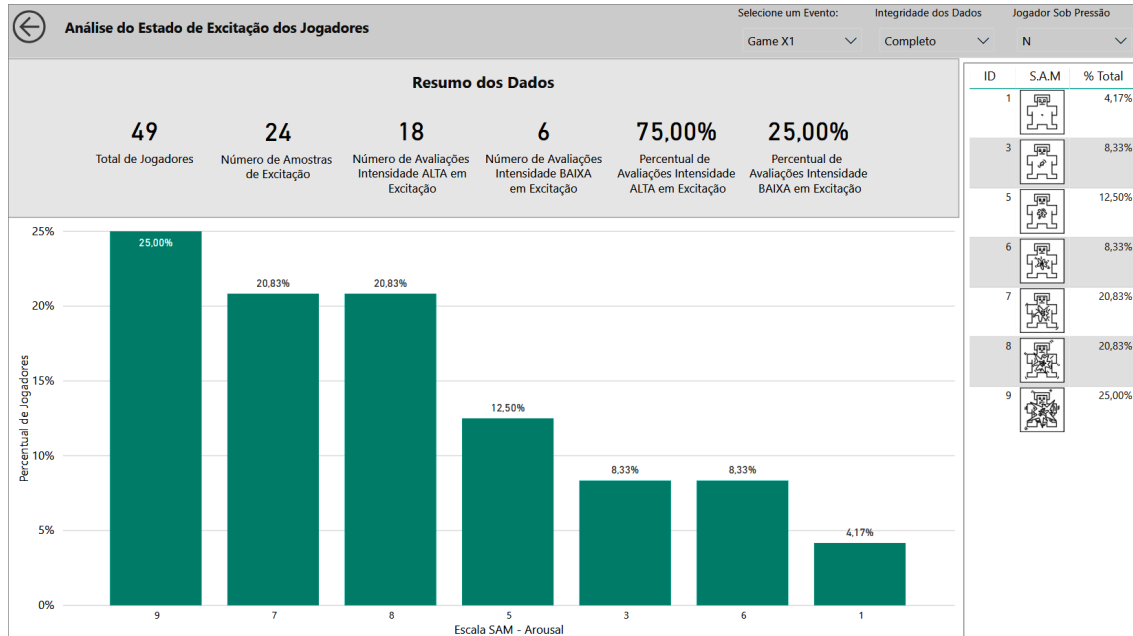


Figura 6.22: Avaliações dos jogadores sobre sua excitação no jogo X1.

Estatisticamente não houve uma variação significativa entre os valores do jogo X0 para o X1. Ao testar se as duas fases apresentaram valores semelhantes nas avaliações de excitação, o resultado de *p-value* confirmou esse teste com o valor 0.2734, como pode ser visto na Tabela 6.4.

Acredita-se que a redução na excitação está relacionada com as pessoas já terem jogado uma fase anteriormente então isso pode ter deixado algumas pessoas mais calmas. Outro ponto a ser levado em consideração é a alteração nos níveis de dificuldade, então de acordo com a análise da API, alguns jogos ficaram mais difíceis e outros mais fáceis, então provavelmente isso fez com que houvesse essa variação nas avaliações de excitação.

Para a terceira fase, em jogo X2 os percentuais gerais permaneceram os mesmos, o que houve foi uma variação na intensidade da excitação. Visualmente houve uma variação para os lados extremos da escala. Nos níveis considerados altos houve uma migração para o valor máximo, que passou para 33,33% e no lado negativo o mesmo o percentual geral se mantendo houve uma redução para valores menores. Esses dados são apresentados na Figura 6.23.

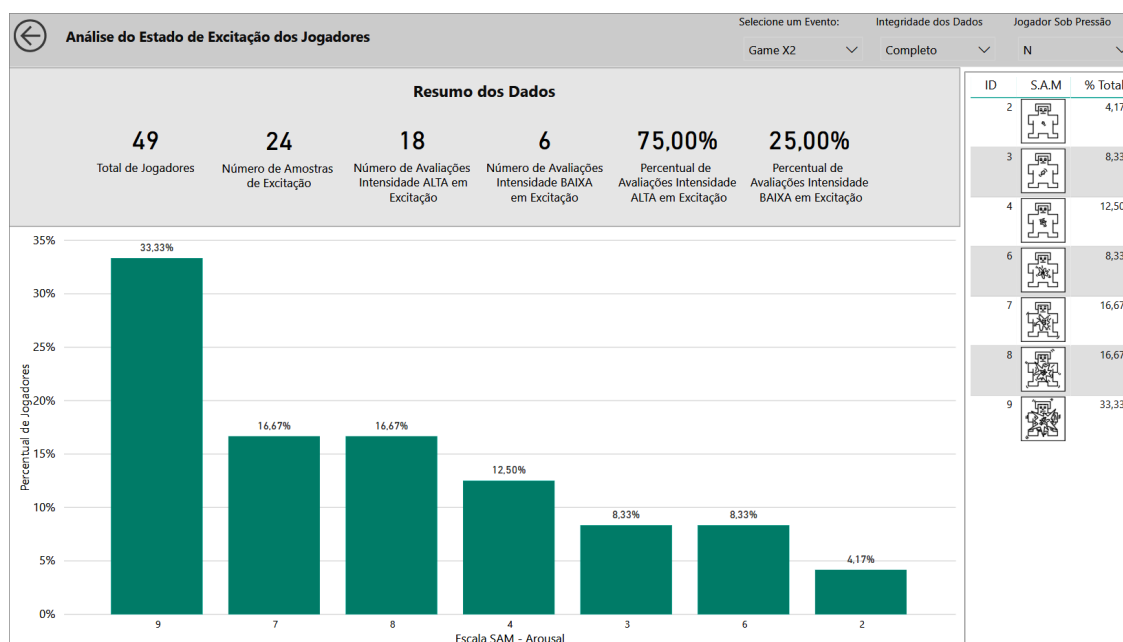


Figura 6.23: Avaliações dos jogadores sobre sua excitação no jogo X2.

Embora olhando para o gráfico apresentado na Figura 6.20, visualmente se tem a impressão de um grande aumento na dispersão dos valores da excitação, estatisticamente não foram significantes, com isso, mesmo com o surgimento de mais valores considerados como baixos, do ponto de vista estatístico não se pode dizer que houve uma redução da excitação dos jogadores. Utilizando o teste estatístico para verificar se houve variação nos níveis de excitação, o resultado de *p-value* para o teste de igualdade entre os jogos X1 e X2 foi de 0.325, como pode ser visto na Tabela 6.4.

Essa variação de níveis de excitação pode ser vista como positiva, uma vez que algumas pessoas apresentaram níveis maiores enquanto outras ficaram um pouco mais calmas durante essa fase. Considerando que ainda se manteve mais de 60% das pessoas nos três níveis mais altos da escala, pode-se afirmar que foi um bom resultado.

A avaliação final dos voluntários sobre seus níveis de excitação ao jogar as três fases apresentou um valor de 87,5% de avaliações positivas, das quais 75% do valor geral ficou entre os três níveis mais altos da escala SAM. Enquanto apenas 12,5% avaliaram seus níveis de excitação como baixos. Esses valores podem ser encontrados na Figura 6.24.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

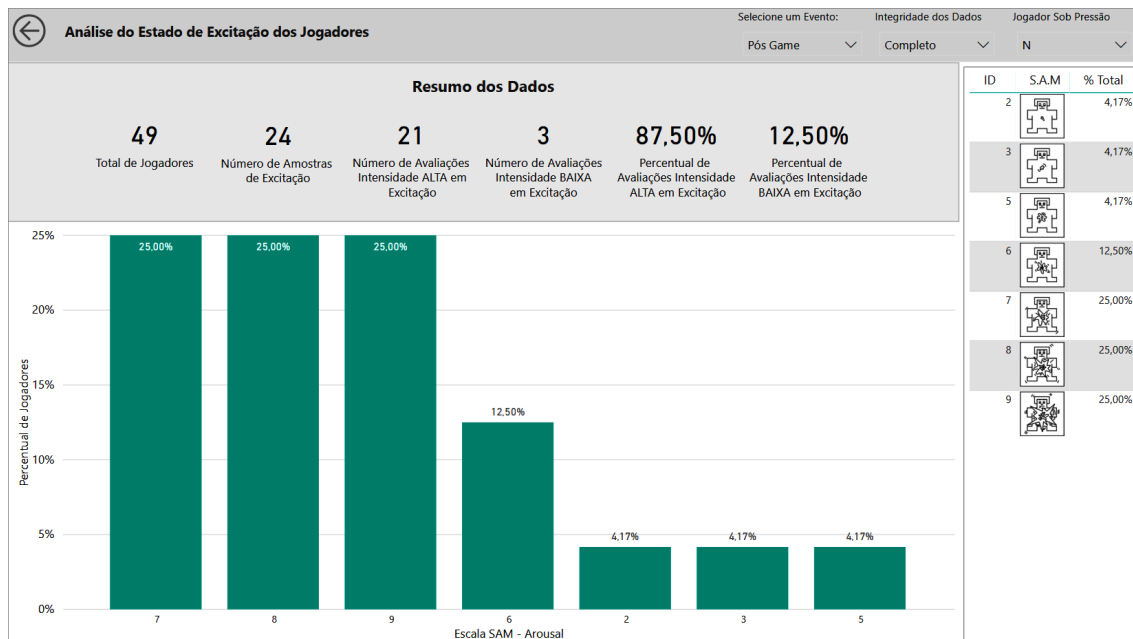


Figura 6.24: Avaliações dos jogadores sobre sua excitação ao final do teste.

Estatisticamente a única variação significativa entre os valores de excitação foi entre o jogo X2 e a avaliação final dos voluntários XF. Nesse teste foi verificado se a avaliação do jogo X2 teve valores menores que as avaliações finais XF e o resultado de *p-value* confirmou com o valor de 0.01423. Embora visualmente no gráfico da Figura 6.20 os valores de XF pareçam ser maiores dos que os de X0, o teste estatístico apresentou semelhança nos valores, como pode ser visto na Tabela 6.4.

Todas essas variações observadas ao longo das três fases são vistas bom bons olhos em termos de balanceamento de jogos. Caso fosse observado estar com níveis crescentes de excitação constantemente poderia ser negativo, uma vez que os jogadores poderiam estar apresentando dificuldades em dominar o jogo e isso resultar em futuras desistências. E o mesmo vale para uma constante redução nos níveis de excitação, que poderiam refletir que o jogo estava ficando muito fácil e as pessoas estavam perdendo o interesse.

Assim pode-se afirmar que a API conseguiu interferir apenas parcialmente de forma de positiva na excitação dos jogadores, já que em sua maioria afirmaram que ao final de três fases os seus níveis de excitação ficaram entre os valores mais altos da escala SAM mas, embora tenha havido um aumento na excitação dos jogadores, não foi estatisticamente significativo.

Q3. A API conseguiu interferir de forma de positiva na satisfação dos jogadores?

R: Não. Houve uma variação nos valores das avaliações e de modo geral a maioria das pessoas avaliaram positivamente, mas não houve aumento de satisfação entre as fases.

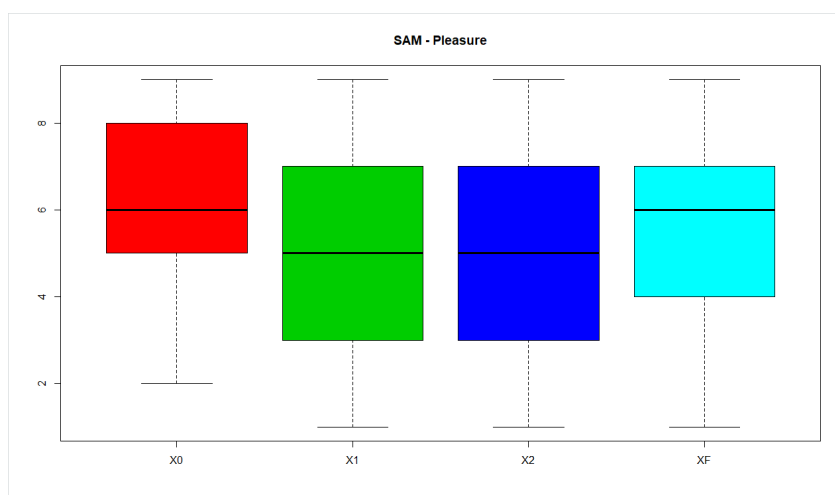


Figura 6.25: Variação da satisfação dos jogadores ao longo das fases jogadas.

Jogo A	Jogo B	Maior	Menor	Igual
X0	X1	0.0009228	0.9991	0.001846
X0	X2	0.00004642	1	0.00009284
X0	XF	0.0694	0.9326	0.1388
X1	X2	0.1124	0.8904	0.2247
X1	XF	0.9566	0.04491	0.08981
X2	XF	0.9999	0.0001048	0.0002096

Tabela 6.5: Valores de *p-value* para os comparativos entre jogos na escala SAM - Pleasure

Durante a primeira fase jogada, jogo X0 a maior parte das pessoas relatou valores altos de satisfação. 79,17% das pessoas avaliaram positivamente e dessas mais de 50% do total estão entre os dois valores mais altos da escala. Em relação as avaliações com intensidades baixas o valor apresentado foi de 20,83%, como pode ser visto na Figura 6.26.

Como essa ainda era a primeira fase, acredita-se que como as configurações do jogo o deixavam fácil de ser jogado as pessoas ainda não tinham uma opinião bem formada sobre a experiencia de jogo houve uma avaliação positiva.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

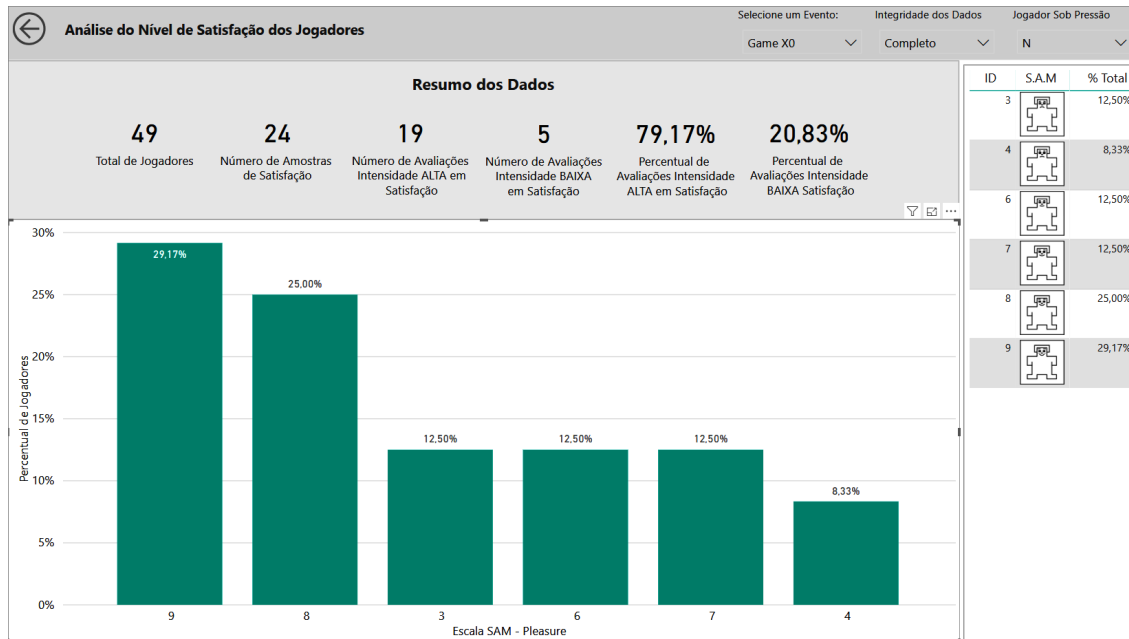


Figura 6.26: Avaliações dos jogadores sobre sua satisfação no jogo X0.

Para a segunda fase, em jogo X1 houve uma queda considerável nos níveis de satisfação. As avaliações para os níveis considerados altos ficaram em 54,17% e do lado oposto da escala surgiram os valores mais baixos e o valor com maior expressão foi 5, o meio da escala. Esses valores podem ser encontrados na Figura 6.27.

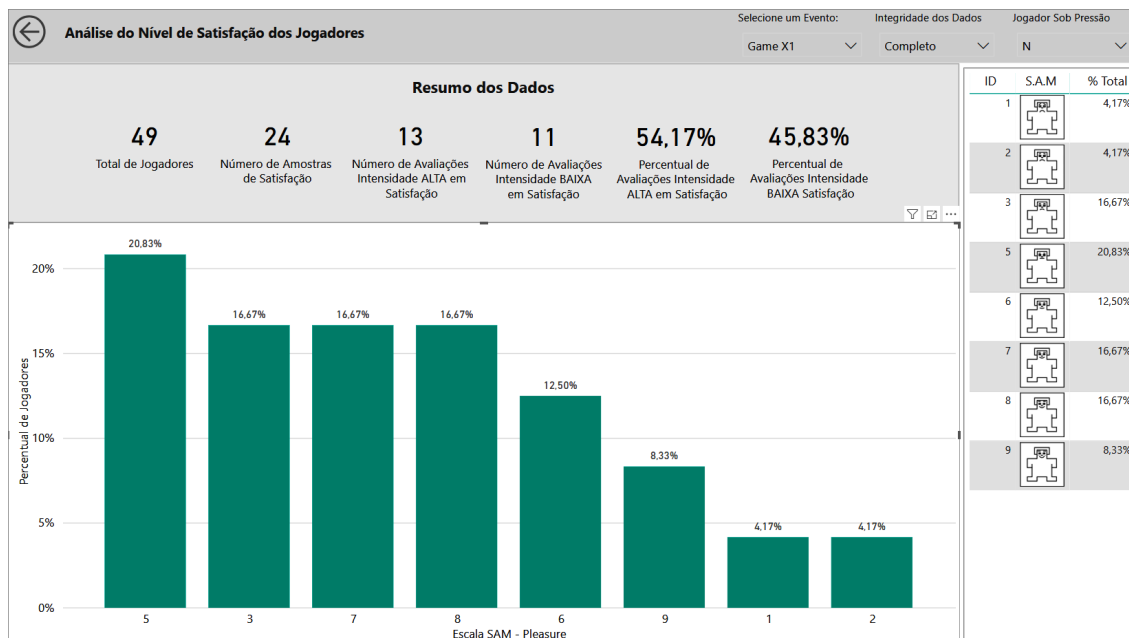


Figura 6.27: Avaliações dos jogadores sobre sua satisfação no jogo X1.

Estatisticamente houve uma redução nos níveis de satisfação entre a primeira e a segunda fase. Como pode ser visto na Figura 6.25 e na Tabela 6.5, ao comparar se o jogo X0 apresentou valores

maiores que os de X1 o resultado de *p-value* confirma com o valor de 0.0009228.

As avaliações de satisfação podem apresentar ambiguidade na compreensão dos voluntários, uma vez que a pergunta feita era “Qual o seu nível de SATISFAÇÃO em relação ao jogo?”. A pessoa poderia entender relacionando a satisfação com o nível de dificuldade apresentado como também poderia entender relacionando com o seu desempenho durante a fase, já que como foi visto nas análises de estado emocional algumas pessoas apresentaram a emoção de Vergonha e Tristeza em suas avaliações.

Possivelmente com a alteração da dificuldade e com uma segunda fase mais equilibrada com o desempenho de cada jogador, não tenham apresentado o mesmo desempenho da primeira fase e isso fez com que tivessem uma redução significativa nos níveis de satisfação, considerando que entre avaliações altas e baixas praticamente ficaram no mesmo percentual.

Assim como nas avaliações de estado emocional, nos futuros experimentos também será importante pedir aos voluntários que deixem uma avaliação escrita para ajudar a resolver possíveis problemas de ambiguidade na interpretação dos resultados.

Na terceira e última fase no jogo X2 houve um pequeno aumento nos níveis gerais de satisfação, 66,67% das pessoas relataram níveis mais altos de satisfação. Nessa fase houve uma queda no número de pessoas que relataram o nível máximo de satisfação, sendo apenas 8,33% do total. Esses dados podem ser vistos na Figura 6.28.

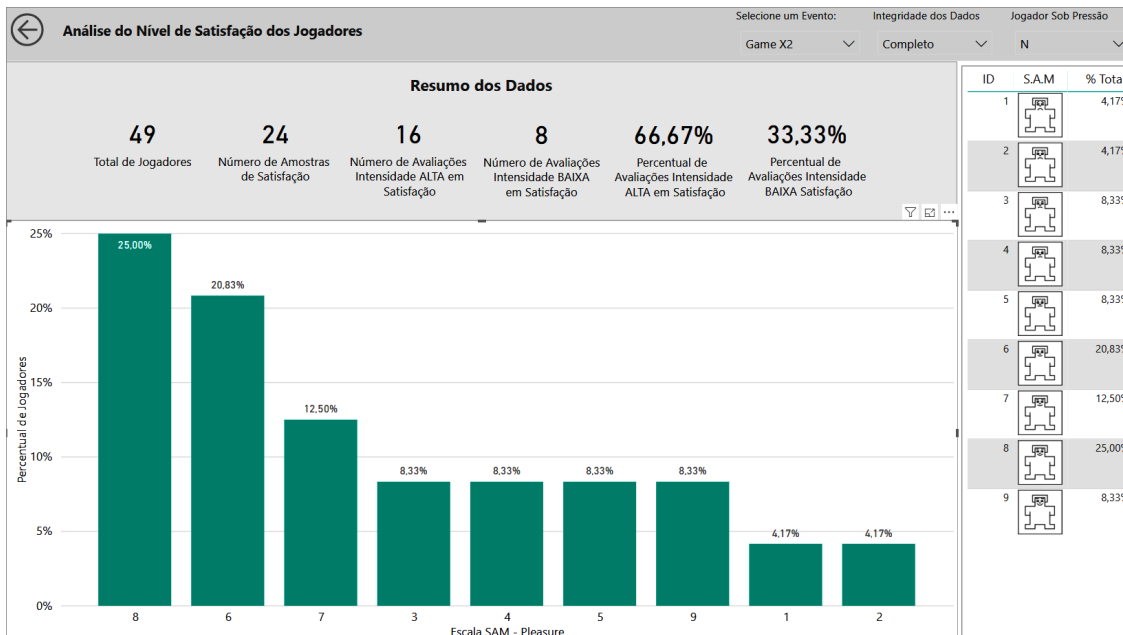


Figura 6.28: Avaliações dos jogadores sobre sua satisfação no jogo X2.

Durante a terceira fase não houve nenhuma alteração expressiva nos níveis de satisfação. O

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

teste estatístico feito entre os jogos X1 e X2 indicou que as duas fases apresentaram valores semelhantes. Nos níveis mais baixos, de modo geral os dados permaneceram estáveis, apenas houve uma redução no número de pessoas que saiu do valor médio da escala e passou para os níveis mais altos. Os dados referentes ao nível de satisfação dos voluntários na avaliação final podem ser vistos na Figura 6.29.

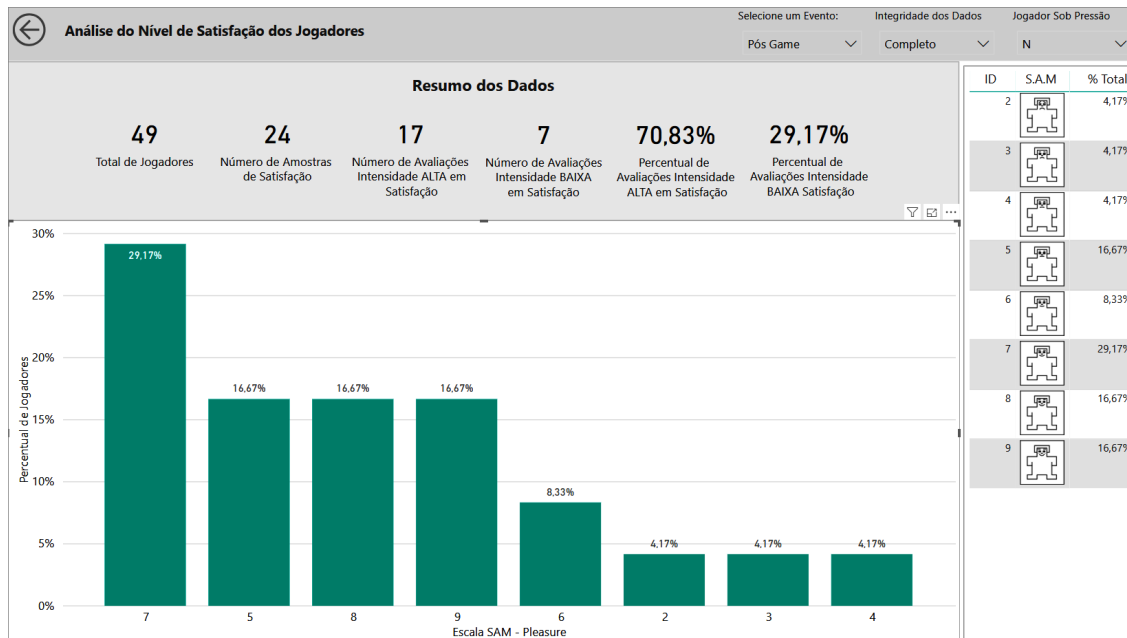


Figura 6.29: Avaliações dos jogadores sobre sua satisfação ao final do teste.

A avaliação final dos jogadores apresentou valores percentuais próximos aos da primeira fase, ficando com 70,83% das pessoas avaliando como alto os seus níveis de satisfação com o jogo. Outra diferença em relação a primeira fase foi uma diminuição geral nos valores relatados. Na avaliação final o valor máximo da escala não foi tão popular quanto foi na primeira fase, assim como os valores muito baixos que apareceram não foram vistos na primeira fase.

De acordo com o teste estatístico realizado, embora a avaliação final tenha apresentado valores menores nas avaliações de satisfação se comparados com o primeiro jogo, o resultado de *p-value* ao testar se X0 foi igual a X1 foi de 0.1388, como pode ser visto na Tabela 6.5, indicando que não houve uma variação significativa entre as duas avaliações.

Foi observado que metade das pessoas que relataram valores baixos ou muitos baixos na avaliação final foram as mesmas das fases anteriores. Entre si não tem nada em comum, possuem perfis diferentes e ao longo dos três jogos tiveram resultados diferentes, alguns venceram e outros não. A única semelhança entre essas pessoas é terem perdido na última fase.

Com isso acredita-se que essas pessoas que relataram níveis baixos de satisfação provavelmente não gostaram do jogo. O que não foi possível saber é se não gostaram do jogo em si ou das

configurações apresentadas pela API.

Portanto, pode-se dizer que a API apenas conseguiu manter os níveis de satisfação. Não houve nenhum acréscimo nos valores e nem uma queda com valores significativos. Vale ressaltar que algumas das avaliações podem ter sido em relação ao desempenho da pessoa durante o jogo.

Q4. A API conseguiu interferir de forma de positiva no domínio dos jogadores?

R: Sim. Considerando como positivo um desafio personalizado, a API aparentemente conseguiu controlar a dificuldade do jogo de maneira que aumentasse o desafio de acordo com cada pessoa.

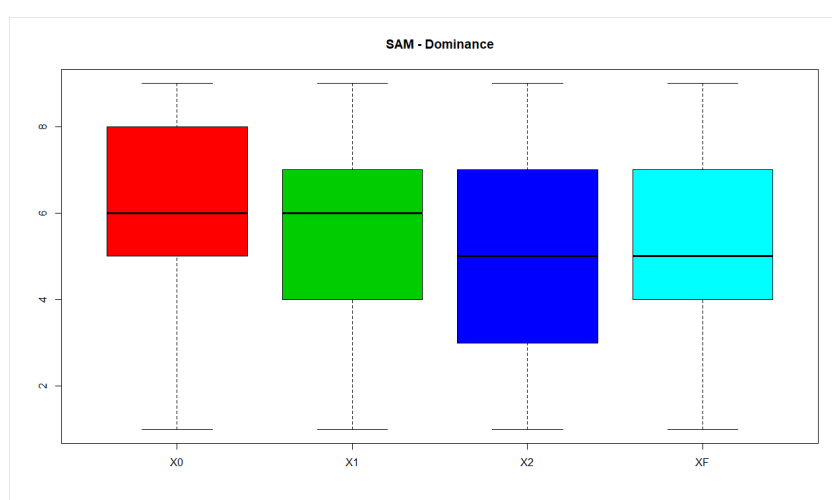


Figura 6.30: Variação do domínio dos jogadores ao longo das fases jogadas.

Jogo A	Jogo B	Maior	Menor	Igual
X0	X1	0.005201	0.9951	0.0104
X0	X2	0.0001085	0.9999	0.000217
X0	XF	0.0109	0.9895	0.02179
X1	X2	0.01508	0.9856	0.03016
X1	XF	0.4722	0.5358	0.9443
X2	XF	0.9946	0.005683	0.01137

Tabela 6.6: Valores de *p-value* para os comparativos entre jogos na escala SAM - Dominance

Durante a primeira fase do jogo, em jogo X0, os níveis de domínio relatados pelos voluntários foram altos, 79,17% das pessoas relataram níveis muito altos e os 20,83% que relataram níveis mais baixos ficaram no valor médio da escala. Então pode-se dizer que todos os voluntários relataram níveis de domínio da metade para cima da escala SAM. Esses valores podem ser encontrados na Figura 6.31.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

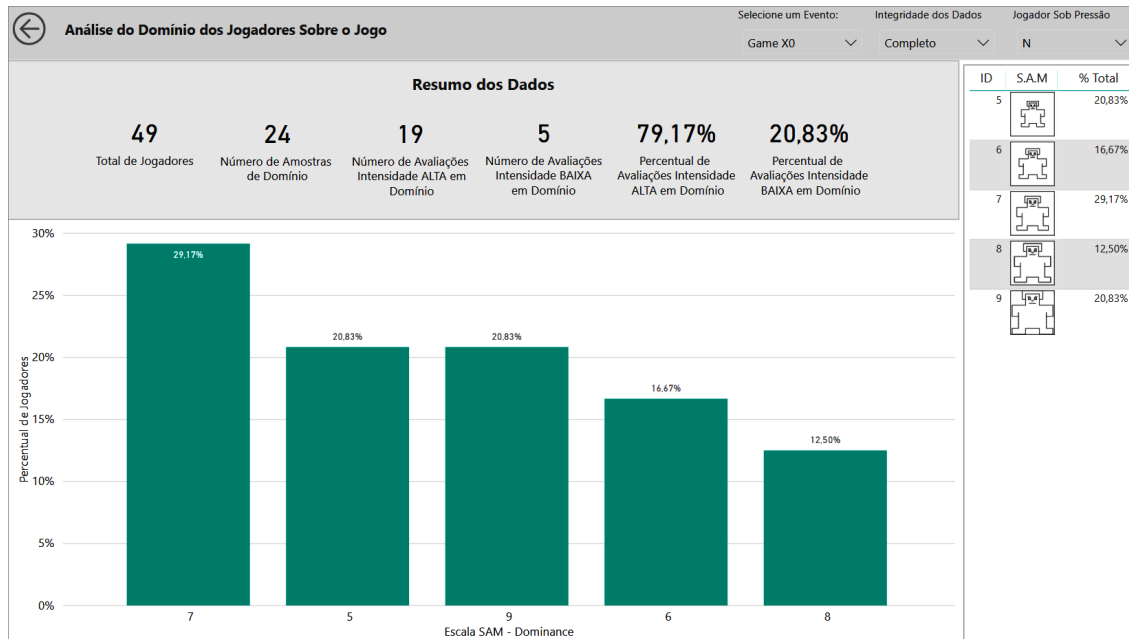


Figura 6.31: Avaliações dos jogadores sobre seu domínio de jogo no jogo X0.

Acredita-se que o domínio alto esteja relacionado com o nível de dificuldade para a primeira fase que era baixo. Nessa fase a maioria que relatou o nível mais baixo pertence ao grupo das pessoas que não venceram a primeira fase.

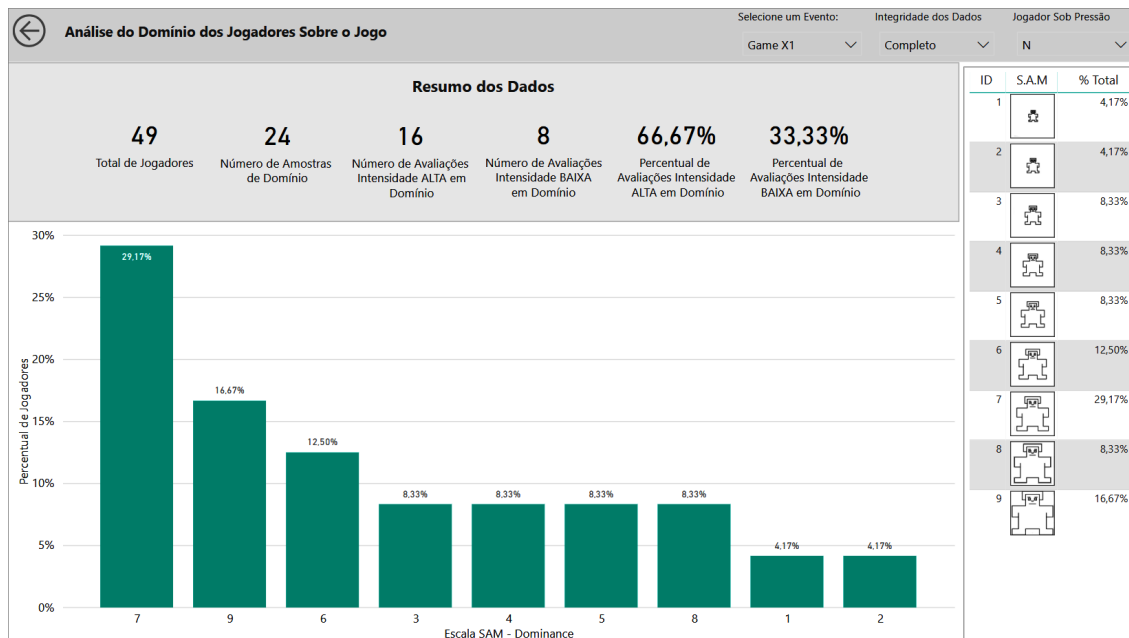


Figura 6.32: Avaliações dos jogadores sobre seu domínio de jogo no jogo X1.

Na segunda fase do jogo, em jogo X1, os níveis de domínio relatados caíram de modo geral. Os níveis mais altos caíram para 66,67% e apareceram os níveis mais baixos da escala. Esses dados podem ser vistos na Figura 6.32.

Ao aplicar o teste estatístico para verificar se os valores de X0 foram maiores do que os valores de X1 o resultado de *p-value* indicou que a variação foi estatisticamente significativa, com o valor de 0.005201. O gráfico com o teste estatístico pode ser visto na Figura 6.30 e na Tabela 6.6 estão os valores de *p-value* entre as fases.

Com essa alteração nas configurações feitas pela API observou-se que a maioria das pessoas teve uma redução no domínio do jogo. Isso para o balanceamento de jogos é importante, uma vez que quando a pessoa tem o domínio total sobre um jogo, esse passa a ser desinteressante. Certamente o jogo não pode ficar cada vez mais complexo ao ponto de as pessoas não conseguirem jogá-lo, mas o desafio deve ser incrementado de acordo com o desenvolvimento da pessoa.

Na última fase do jogo, em jogo X2, os níveis mais altos de domínio relatados pelos voluntários caíram ainda mais, para essa fase o percentual entre valores altos de baixos foi de 50% para cada um dos grupos. Esses dados podem ser vistos na Figura 6.33.

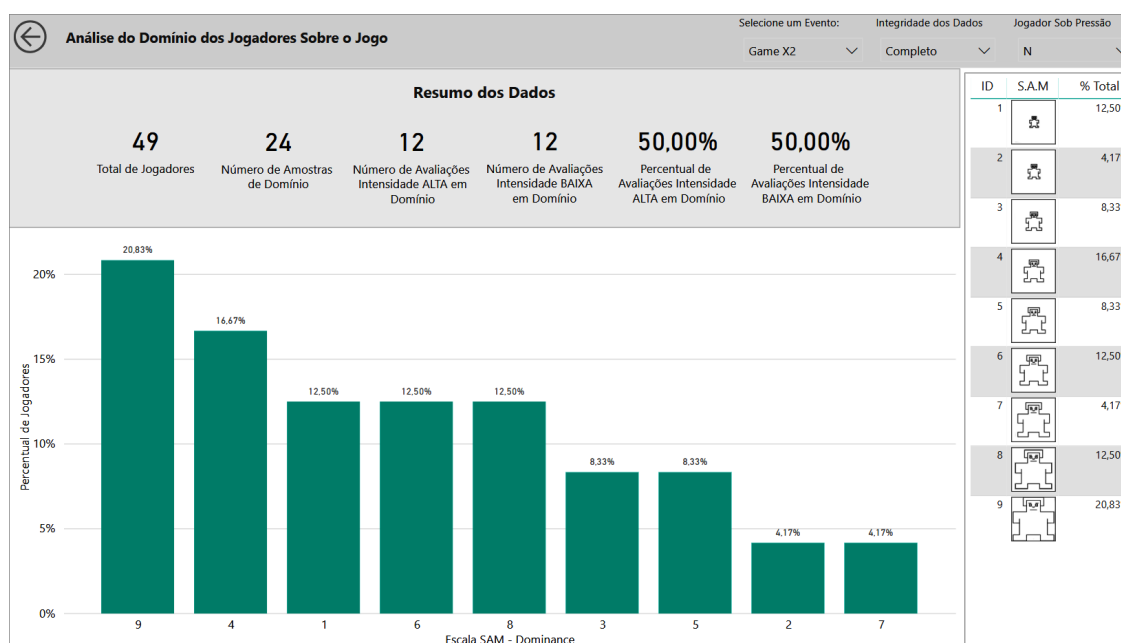


Figura 6.33: Avaliações dos jogadores sobre seu domínio de jogo no jogo X2.

A redução de domínio do jogo relatada pelos voluntários para a terceira fase em relação à segunda também foi estatisticamente significativa. Ao fazer a comparação para testar se X1 apresentou valores maiores do que X2, o valor de *p-value* foi de 0.01508, como pode ser visto na Tabela 6.6.

Com base dos dados observados no sistema de BI que foi apresentado na Seção 2.6.3, foi possível observar que pessoas que avaliaram inicialmente como altos o seu nível de domínio, para essa última fase apresentaram os menores valores da escala. Acredita-se que isso é um sinal de que a API foi capaz de dificultar o jogo para quem teve um bom desempenho. Assim como algumas

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

peças que estavam nos grupos de nível de desempenho baixo na fase anterior passaram para níveis mais baixos nessa.

Na avaliação final feita pelos voluntários sobre como foi seu domínio ao longo dos três jogos o resultado foi que 62,5% das pessoas considerou ter níveis altos de domínio. Os valores vistos na avaliação final são bem próximos aos vistos na primeira fase. Os dados relativos à avaliação final podem ser vistos na Figura 6.34.

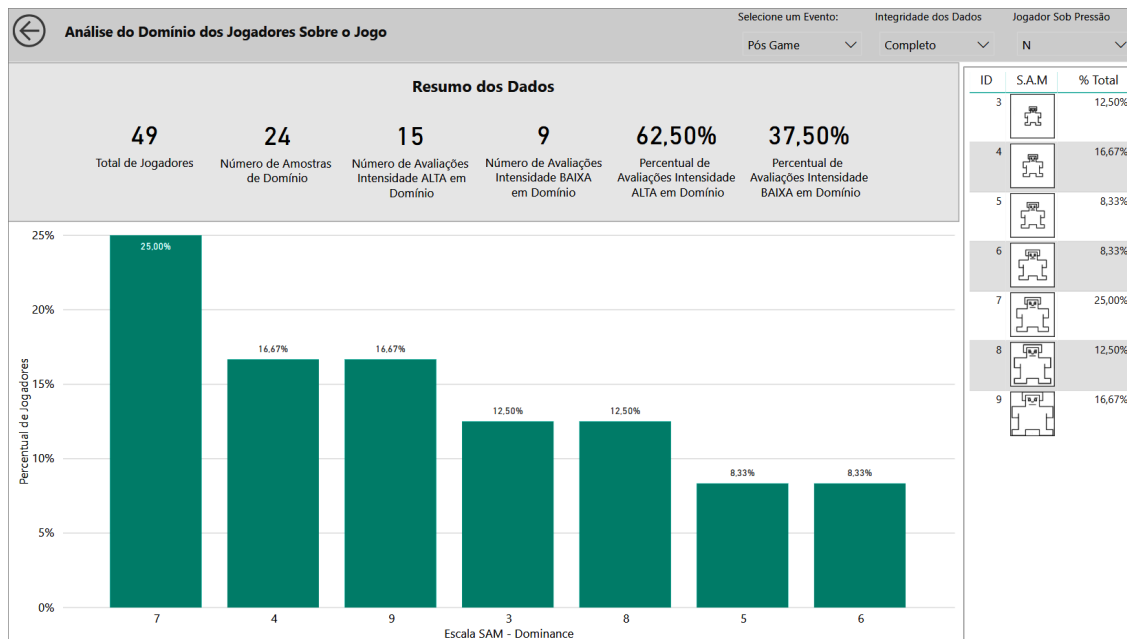


Figura 6.34: Avaliações dos jogadores sobre seu domínio de jogo ao final do teste.

A variação entre os valores de domínio da primeira fase do jogo em relação à avaliação final feita pelos voluntários não apresentou uma diferença significativa. Ao fazer o teste estatístico para comparar se os dois grupos possuem valores semelhantes, o resultado de *p-value* confirmou com o valor de 0.9443.

Com base na avaliação final dos voluntários, acredita-se que os níveis de dificuldade do jogo se mantiveram equilibrados. Considerando que como foi observado durante as análises, entre as fases houve migrações de pessoas entre os valores da escala e assim pessoas que estavam em um grupo passavam para outros, então houve um certo equilíbrio no balanceamento do jogo.

Portanto, com base nos dados analisados pode-se dizer que a API conseguiu interferir de forma positiva no domínio dos jogadores, visto que em relação ao domínio não se espera que os jogadores tenham um crescente aumento de domínio e sim que se sintam desafiados a melhorar suas habilidades ao longo do tempo. Então, como nessa pesquisa a proposta do uso de *biofeedback* é conseguir balancear o jogo de acordo com a experiência de jogo de cada pessoa, esse resultado foi bom, visto que isso se confirma nas avaliações de satisfação e estado emocional.

Q5. *A API foi eficiente ao alterar o nível de dificuldade dos jogos sendo capaz de agradar os jogadores?*

R: Parcialmente. Aparentemente, como foi apresentado anteriormente com os gráficos de autoavaliações dos voluntários, a API foi capaz de alterar o nível de dificuldades de modo que manteve o interesse da maior parte das pessoas, mas não foi totalmente eficiente porque durante os experimentos algumas pessoas reclamavam que o jogo tinha ficado muito lento, então isso significa que a API nesses casos não foi capaz de atender as expectativas dessas pessoas.

A API, que é o sistema de recomendação de níveis apresentado na Seção 4.2 tinha como principal objetivo ser apenas uma prova de conceito para a possível validação do uso de apenas um biossensor, que nesse caso foi o de EDA.

No início da pesquisa, o único sensor que estava disponível para uso em tempo real era o sensor de EDA, os demais sensores que foram usados estavam ali apenas para coleta de dados porque forneciam apenas dados brutos e precisam de tratamento para fornecerem alguma informação.

Ao final do estudo já haviam sido criadas diversas ferramentas auxiliares que foram tornando possível a análise desses outros sensores. Mas como essas ferramentas foram criadas após a coleta dos dados, não foram adicionadas ao sistema de predição. Assim, optou-se por tentar criar um preditor de níveis da forma mais simples possível, então, caso se mostrasse eficiente seria uma oportunidade de procurar formas para adaptar o *biofeedback* aos videogames de maneira massiva.

Com todas as suas limitações, a API apresentou bons resultados, considerando a simplicidade de um jogo como o Pac-Man e sem alterar mecânicas de jogo, porque não foram acrescentados novos bônus e nem animações diferentes, simplesmente foram alteradas as velocidades dos personagens e isso foi capaz de apresentar resultados diferentes entre os voluntários. Como era de se esperar a API não acertou em todos os casos. Algumas pessoas relataram verbalmente que em algumas fases o jogo ficou muito lento e acabaram perdendo o interesse no jogo, outras falaram que o jogo ficou muito rápido e não conseguiram vencer. Mas esses são pontos que devem ser estudados para melhorar a predição.

Portanto, certamente existem muitas melhorias que devem ser efetuadas para que se tenha um sistema que seja capaz de realizar predições perfeitas, uma vez que em um mundo perfeito a API deveria ser capaz de aprender com a pessoa que a está utilizando e certamente cada pessoa vai ter um padrão para cada evento, mas para uma ferramenta criada para prova de conceito, acredita-se que o resultado foi bom.

Q6. É possível fazer a predição de níveis utilizando apenas o biossensor de EDA?

R: Não. Com base nos resultados obtidos, observou-se que apenas o sensor de EDA não é suficiente para a predição de níveis de dificuldade. Embora apresente bons resultados no que se refere ao nível de foco do jogador, acaba por gerar muitos falsos positivos quando se procura saber se o jogador está ou não dominando o jogo.

Com base nas análises, o que ficou difícil de diferenciar utilizando apenas o EDA foi saber se o jogador estava com dificuldades em passar a fase ou se estava excitado com o desafio do jogo, porque em ambos os casos a curva de EDA se mantém crescente. Quando se faz a análise olhando para a curva de EDA ao lado da curva de Frequência Cardíaca essa dúvida é reduzida, isso porque quando as pessoas estavam com dificuldades em finalizar a fase, a curva de Frequência Cardíaca estava sempre crescente enquanto que as pessoas que estavam apenas excitadas com a dificuldade atual, tinham apenas alguns disparos no ritmo cardíaco quando passavam por alguma situação de perigo, mas logo a curva de Frequência Cardíaca voltava para um valor médio.

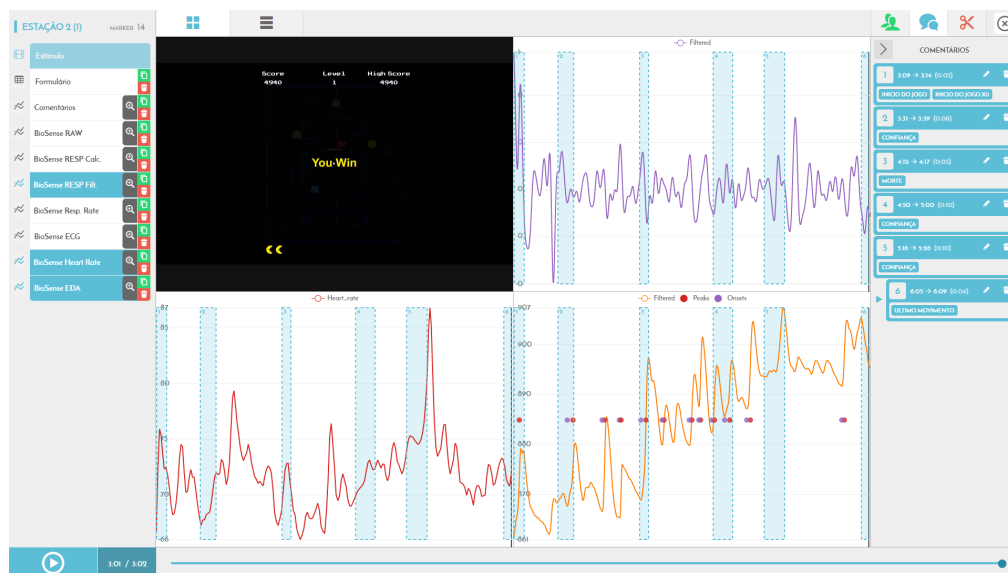


Figura 6.35: Comportamento das curvas de Frequência Cardíaca e EDA em jogadores excitados com o desafio.

Na figura 6.35 é possível ver o comportamento das curvas de Frequência Cardíaca e EDA em jogadores excitados com o desafio enquanto que na Figura 6.36 pode ser visto o comportamento das curvas de Frequência Cardíaca e EDA em jogadores com dificuldades em finalizar a fase.

Portanto, o que foi verificado com essa análise é que para fazer esse tipo de predição uma boa escolha é unir os dados dos sensores de EDA com o de Frequência Cardíaca, assim é possível identificar se a pessoa está excitada com o desafio ou se está com dificuldades. Tudo isso com a vantagem de não ser necessário a utilização de outros sensores que possam dificultar os movimentos do jogador.

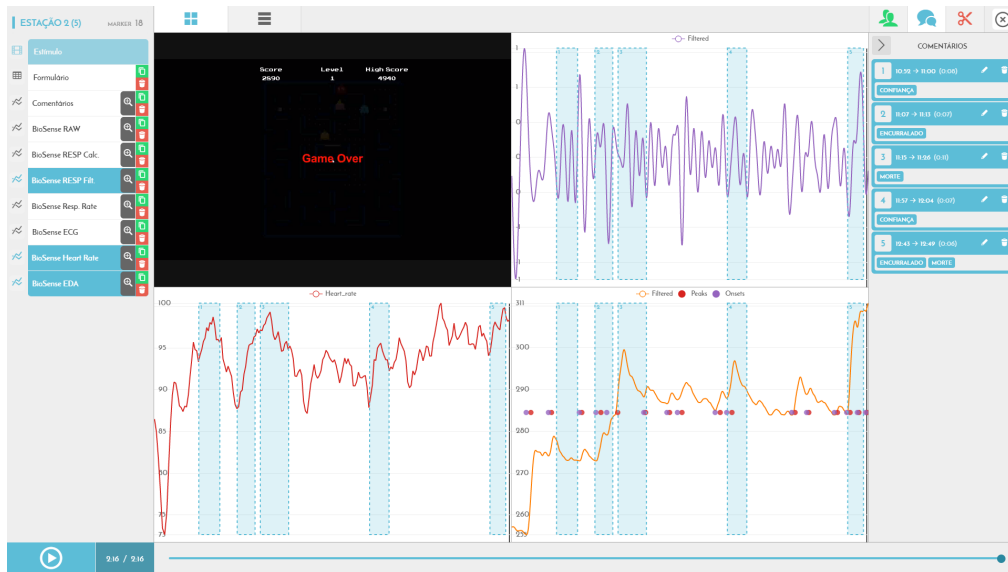


Figura 6.36: Comportamento das curvas de Frequência Cardíaca e EDA em jogadores com dificuldades em finalizar a fase.

Q7. Existe um padrão de comportamento nos dados dos biossensores em eventos que se repetem?

R: Sim. Foram encontrados diversos padrões nos dados dos biossensores ao longo dessa pesquisa. Existem padrões em eventos específicos dentro do jogo, como situações de perigo, morte do Pac-Man, e no jogo em geral, como em situações em que o jogador perdeu o interesse pelo jogo ou quando não tinha domínio suficiente, entre outras.

Um ponto que é semelhante em quase todas as amostras é o disparo na curva de EDA no início da fase, seja durante o carregamento do jogo ou dos primeiros segundos de gameplay, a partir de alguns segundos jogando, a curva de EDA passa a estabilizar e começa a ter disparos em situações específicas, como consumir um *power-up* ou capturar um fantasma.

Outro ponto observado é que a distância entre os fantasmas e o Pac-Man não podia ser analisada isoladamente, porque o que realmente causava disparos na curva de EDA era o perigo que os fantasmas apresentavam e não a aproximação em si. Em vários gameplays que foram analisados, quando os fantasmas estavam quase encostados no Pac-Man, mas estavam em uma posição em que não apresentavam perigo, a curva de EDA se mantinha inalterada, enquanto em momentos onde os fantasmas estavam distantes, mas estavam em uma formação que resultaria em encurralar o Pac-Man momentos depois, a curva de EDA já começava a subir.

Ocorria também da curva de EDA subir com a aproximação dos fantasmas mesmo quando não apresentavam perigo, mas nesse caso era quando o jogador havia preparado uma estratégia para atrair os fantasmas para perto do *power-up* e então quando o jogador via que os fantasmas

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

estavam se aproximando, a curva apresentava disparos.

A Figura 6.37 representa um bom exemplo do padrão encontrado em jogadores que perdem o interesse pelo jogo. Nesse caso como o jogo estava muito lento, tanto o pac-man quanto os fantasmas estavam em suas velocidades mínimas, o jogador não encontrou desafios em momento algum no jogo então sua curva de EDA foi caindo do início ao fim. Algumas pequenas variações ocorriam quando se aproximava dos fantasmas e essa aproximação se tornava perigosa. Esse padrão também foi encontrado em jogadores que atiravam o pac-man contra os fantasmas propositalmente para finalizarem o jogo quando estava muito difícil.

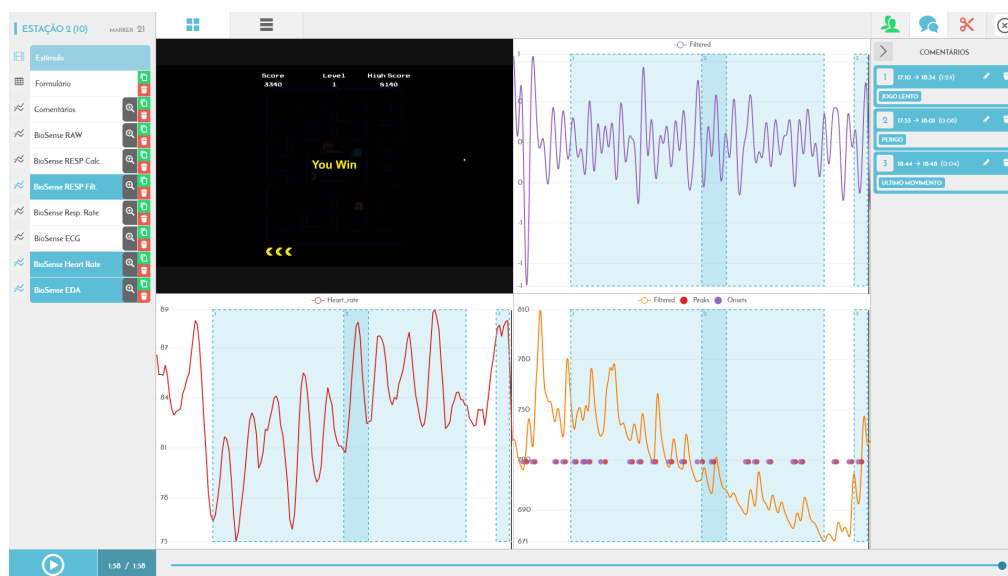


Figura 6.37: Padrão da curva de EDA em jogadores que perdem o interesse pelo jogo.

Na Figura 6.36 pode ser utilizada também como exemplo para o padrão observado em jogadores que não tem domínio do jogo. De maneira geral apresentam uma curva de EDA sempre crescente e finalizam o jogo com derrota.

Portanto, conhecendo esses padrões muitas coisas podem ser feitas utilizando o *biofeedback* nos videogames. Saber qual emoção exatamente a pessoa está sentindo no momento aparentemente não é fácil de se concluir e ainda assim existe a confusão gerada por emoções que são consideradas negativas em certos momentos, tanto nos videogames como no cinema, são desejadas e são vistas como positivas. Assim, com o a utilização desses padrões é mais fácil saber se o evento criado pelo game design teve o efeito esperado ou não e com isso o jogo pode ser capaz de se auto adaptar com o que é esperado.

6.7 Considerações Sobre o Capítulo

O modelo de análise dos dados, assim como os demais tópicos dessa pesquisa foram amadurecendo com o tempo. Inicialmente eram apenas os dados dos biossensores de EDA e o vídeo de gameplay que estavam disponíveis para serem analisados na plataforma BrainAnswer. Na segunda etapa dos experimentos a plataforma já possuía mais opções de curvas para visualização, isso porque vários dados passaram a ser tratados e assim, não eram mais exibidos os dados brutos como eram na primeira etapa do experimento. As curvas de frequência cardíaca e respiração filtrada e calculada são exemplos de adições que foram feitas na plataforma.

Depois com a adição das tags para descrever os disparos emocionais ajudou a identificar quais eventos anteriores causaram esses disparos. Isso foi importante porque nem sempre é o evento atual que é o responsável pelo disparo, por vezes é o acúmulo de eventos.

Algo que fez falta para o processo de análises foi não haver uma integração nativa da plataforma BrainAnswer com os dados do jogo. Isso não foi feito porque o jogo do Pac-Man não era parte da plataforma.

Mesmo com todas as adversidades e várias ferramentas sendo criadas para poder fazer as análises, foi possível observar os pontos que eram desejados e encontrar respostas interessantes para as perguntas feitas no início da pesquisa, além de gerar vários novos questionamentos que poderão ser estudados em trabalhos futuros. Na próxima seção são apresentados os resultados encontrados durante as análises.

Chegar as respostas dessas perguntas foi muito importante para o desfecho dessa pesquisa. Foi possível entender que é possível desenvolver novas tecnologias capazes de melhorar a interação entre videogame e jogador, criando ferramentas capazes de balancear o jogo de acordo com o que cada pessoa considera como agradável.

Certamente não é com a API criada que os problemas de motivação e balanceamento serão resolvidos. Isso foi apenas um teste piloto para verificar se seria possível utilizar essa abordagem. Ainda existe uma grande necessidade de estudos nessa área para que utilizar o *biofeedback* em jogos seja possível, mas o que se viu é que é possível.

Portanto, isso é um ponto de motivação para que novos estudos sejam criados a partir desse e assim novas tecnologias possam surgir no futuro.

Capítulo 7

Conclusão e Considerações Finais

No início da pesquisa existiam muitas dúvidas a respeito da utilização do *biofeedback* nos videogames. O lado positivo a respeito dessas dúvidas é que guiaram o estudo até sua fase final, onde foram respondidas com sucesso.

Além das questões que foram levantadas e que serão apresentadas na próxima seção, o ponto mais surpreendente foi conseguir controlar as configurações do jogo utilizando os dados de *biofeedback*. E para isso, foi necessário encontrar uma alternativa para a atual impossibilidade de se ter um reconhecimento preciso de cada emoção. Quando se refere a impossibilidade é no sentido de não foi possível com o conjunto de ferramentas desenvolvidas para a pesquisa e não no sentido de isso não pode ser feito.

O que possibilitou a implementação do projeto prático utilizando o *biofeedback* para controlar a criação dos níveis de dificuldade do jogo do Pac-man foi não se preocupar com tentar entender exatamente o significado de cada estímulo nas curvas de dados dos biossensores e sim olhar para um cenário macro e extrair dali se a pessoa estava excitada ou relaxada.

Pode-se dizer que o ponto chave desse trabalho é mostrar que é possível utilizar os dados de *biofeedback* para gerar uma sinergia entre o jogador e o videogame, onde o videogame consegue interpretar os disparos emocionais do jogador e se adaptar para manter a variação do nível de excitação do jogador de modo que se mantenha interessado pelo videogame por mais tempo.

Essa descoberta possibilitou encontrar ainda mais possibilidades de aplicar o *biofeedback* aos videogames em níveis comerciais, sejam por empresas de marketing ou com o desenvolvimento de hardwares específicos para isso, mas esses pontos são apresentados nas próximas seções.

Os questionamentos que foram levantados no início dessa pesquisa produziram algumas respostas. Esses questionamentos guiaram o desenvolvimento desse estudo até a finalização da análise dos dados. No início da pesquisa foi criada a seguinte questão para investigação:

É possível aumentar o envolvimento e a atenção dos jogadores fazendo com que o game design se adapte às emoções de quem está a jogar?

E para ajudar a responder essa questão foi levantada a seguinte hipótese:

O videogame sendo capaz de identificar em tempo real, quais emoções o jogador está sentindo, pode ser capaz de fazer alterações no game design e manipular a narrativa e elementos de gameplay através da utilização de algoritmos de IA e com isso aumentar o envolvimento do jogador.

O que foi observado ao longo dessa pesquisa é que sim, é possível aumentar o envolvimento e a atenção dos jogadores se o jogo se adaptar ao estado emocional da pessoa. Mas o que deve ser observado é que para chegar a esse nível ainda existe muita pesquisa pela frente.

Primeiramente, chegar a uma definição de um padrão para cada emoção por si já é complexo, mas além disso ainda é necessário saber exatamente que emoção é esperada para cada evento medido. Depois de tudo isso, ainda é necessário passar esse conhecimento para uma IA que seja capaz de tomar decisões. Então, além de complexo isso aparentemente vai exigir bastante processamento para ser realizado em tempo real.

Além da questão de investigação e hipótese, foram elaborados dois objetivos específicos que guiaram essa pesquisa e que foram realizados com sucesso. Os objetivos e seus resultados são:

1. **Encontrar padrões ou formas de medir as emoções dos jogadores de videogames com base nas leituras de sensores de *biofeedback*:** Esse objetivo foi atingido em partes. Foram encontradas formas de medir padrões emocionais. Como foi observado, os voluntários reagiam de formas semelhantes em eventos específicos do jogo, como perigo, morte, ataque, defesa, entre outros. O que não foi alcançado foi encontrar a definição de cada emoção, como acredita-se que seria possível;
2. **Utilizar como input os padrões definidos das emoções e com isso gerar uma reformulação do game design, seja alterando a narrativa ou o nível de ação do em um videogame real:** Esse objetivo foi atingido com sucesso. Foi criado um projeto prático para o uso de *biofeedback* para gerar a configuração dos níveis de dificuldade da próxima fase com base nos dados do estado emocional dos voluntários associados com o desempenho que apresentaram durante a fase jogada. Esse foi um dos tópicos que por pouco não foi eliminado da pesquisa devido à complexidade do desenvolvimento, mas por fim foi considerado melhor mantê-lo para que fosse possível apresentar algo que fosse além de uma teoria vaga.

Pode-se afirmar que as principais dúvidas que foram levantadas no início da pesquisa foram respondidas e, como era de se esperar surgiram ainda mais questões que necessitam de mais estudos para que seja possível apresentar uma solução eficiente.

Como não é tudo que sai como o esperado, existiram alguns pontos que não correram como era esperado. Pode-se dizer que mais gerou frustração quando foi observado foi referente ao objetivo inicial que era encontrar os de padrões de cada emoção nos dados dos biossensores e isso não foi possível.

Para a definição de um padrão para cada emoção os testes teriam que ser totalmente diferentes, onde ao invés de utilizar um videogame seria interessante usar estímulos que causassem

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

as emoções desejadas, analisar uma a uma e posteriormente alimentar uma IA para conseguir interpretar tudo isso em tempo real. Mas como apresentado anteriormente, isso foi contornado utilizando uma visão macro de estados emocionais excitado/relaxado e assim o trabalho inicial não foi perdido.

Outros problemas que ocorreram estavam relacionados aos biossensores que possuem uma sensibilidade muito alta, com a exigência de condições ambientais muito específicas para não saturarem os dados. Principalmente o biossensor de EDA, que se estiver muito calor e a pessoa esteja com as mãos a transpirar, os dados vão atingir os valores máximos. Se estiver muito frio as pessoas tendem a ficarem com as mãos mais secas e com isso o biossensor não consegue coletar nenhuma ou então apenas mínimas alterações, tendendo a se manter nos valores mínimos. Para uma aplicação comercial isso também precisa ser estudado, para se encontrar alternativas que permitam o uso desses biossensores de forma efetiva em ambientes não controlados.

Da forma como os biossensores foram utilizados pode ser um problema para uma aplicação comercial devido ao excesso de cabos utilizados, o que pode acabar causando desconforto aos utilizadores. Além do agravante que alguns biossensores são sensíveis a movimentos bruscos, que podem gerar saturação ou má interpretação do estímulo.

De modo geral esses foram os problemas encontrados, que acabaram gerando algumas perdas de dados, fazendo com que fossem necessárias mais recolhas. A necessidade de encontrar alternativas para interpretação dos dados gerou um gasto maior de tempo e trabalho no desenvolvimento de novas ferramentas, mas no final o resultado foi como era esperado.

O que foi possível concluir com essa pesquisa é que é possível o uso do *biofeedback* para o controle do balanceamento dos videojogos assim como na criação de uma experiência única para cada jogador.

Certamente sabe-se que essa pesquisa foi apenas um início e não existe pretensão de acreditar que o sistema utilizado para a predição de níveis é altamente eficiente, pois sabe-se que ainda existem muitos pontos a serem estudados e muita tecnologia a ser empregada até que exista um sistema que seja capaz de fazer isso de maneira eficiente para vários jogos.

Também pode-se afirmar que essa pesquisa teve bons resultados devido a utilização de uma equipe multidisciplinar, pois como teve a união de game designers, especialistas em UX, programadores e especialistas em biossensores, cada um contribuiu com seu conhecimento e no final resultou em algo prático que pode ser testado.

Portanto, depois de muitas horas de trabalho de várias pessoas, pode-se afirmar que o resultado obtido foi muito gratificante e estimulante para continuar com novas pesquisas para responder

as dúvidas que foram surgindo ao longo do caminho.

7.1 Estudos e Projetos Futuros

Considerando a extensão do tema apresentado nesta dissertação, nem tudo pode ser analisado ao longo do estudo, assim como também foram surgindo novas questões enquanto se analisavam os dados recolhidos.

Na sequência são apresentados os planos para o futuro em relação ao que foi pesquisado nessa dissertação, assim como melhorias que podem ser feitas nas ferramentas criadas, novas abordagens e formas de aplicar o que foi pesquisado de maneira comercial.

7.1.1 Melhorias Aplicáveis ao Modelo Atual

O modelo utilizado para essa pesquisa apresentou bons resultados, mas pode-se dizer que foram bons a título de conhecimento, ou seja, para aprender como e o que procurar nos próximos trabalhos.

Um ponto que deve ser melhorado nas próximas pesquisas é utilizar um videogame autoral onde seja possível testar eventos específicos sem a influência de outros. Um problema observado com o jogo do Pac-Man é que mesmo sendo um jogo simples, é muito rápido, então fica difícil saber qual foi o motivo exato de um disparo emocional.

Dessa forma, podendo testar de forma separada se uma pessoa teve um disparo emocional porque ficou em perigo ou porque recebeu uma recompensa. Assim, criar um videogame onde todas as pessoas passem pelos mesmos eventos e entre esses eventos exista um momento para se acalmarem, provavelmente ficará mais fácil de identificar padrões.

Também devem ser acrescentados em cada um dos formulários de autoavaliação uma questão que faça com que o voluntário expresse de forma escrita a sua experiência durante aquele ponto do experimento, pois como já foi apresentado durante as análises, em alguns momentos podem surgir ambiguidades e que seriam facilmente solucionadas com uma descrição da experiência.

Aprimorar a API que faz a predição de níveis para utilizar dados de outros biossensores. Agora que já é possível ter os dados de outros biossensores através da plataforma BrainAnswer, uma alternativa de estudos seria melhorar a predição de níveis utilizando dados como frequência cardíaca e respiração, além do atual EDA.

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

Como apresentado na Seção 1.1, os biossensores são muito sensíveis, com isso outro tópico que deve ser pesquisado é como encontrar uma maneira de manter os biossensores calibrados de modo que não saturam. Sejam alternativas no uso de materiais capazes de controlar a umidade da pele, ou sejam com a utilização de IA para resolver os problemas com disparos emocionais causados por movimentos bruscos. Além disso, também é necessário pesquisar como deixar esse conjunto de biossensores o mais wireless possível.

Enfim, essa é uma área de pesquisa muito extensa, onde cada tópico apresentado pode gerar material para mais de um artigo científico. Além da área acadêmica essa pesquisa pode ser estendida para o campo do empreendedorismo, que é tratado na próxima subseção.

7.1.2 Criação de um Produto/Serviço Comercialmente Viável

Com os resultados obtidos até o momento o projeto tem se mostrado viável, mas vale enfatizar que até o momento ainda não estão definidos os padrões exatos das emoções, o que foi encontrado é um padrão de comportamento no *biofeedback* dos jogadores em situações semelhantes. Por isso, pretende-se continuar a pesquisa após a finalização da dissertação para que esses pontos sejam cobertos e então seja possível ter um produto/serviço comercialmente viável. O projeto pode ser utilizado comercialmente de duas maneiras:

- 1. como uma ferramenta para estúdios de marketing em games ou data mining por parte da empresa desenvolvedora:** Tanto estúdios especializados em marketing quanto empresas maiores que possuem esse departamento internamente, podem utilizar o sistema para análises de métricas de jogos, verificar se os seus jogos ou de seus clientes estão despertando nos jogadores as emoções esperadas para cada mecânica desenvolvida, verificar se a complexidade e o nível de dificuldade do jogo estão de acordo com o público alvo definido;
- 2. como tecnologia para as próximas gerações de consoles e periféricos gamers:** Com melhorias no sistema de predição de dados e simplificação dos biossensores, esse sistema pode ser integrado aos futuros consoles e periféricos gamers, fazendo com que os videogames fiquem mais atrativos por se adaptarem ao jogador. Assim, os Game Designers podem criar várias opções dentro do jogo e serem ativadas baseadas no *biofeedback* do jogador.

Atualmente alguns estúdios de marketing fazem análises com vários tipos de tecnologia que incluem biossensores, mas isso é uma tecnologia cara para ser criada de base e exige muita pesquisa, assim, quem pretender oferecer isso como um serviço vai ter um investimento muito alto. O diferencial desse projeto é utilização de equipamentos de baixo custo e um software especializado em videogames, permitindo assim que pequenos estúdios possam ter essa tecnologia e melhorar seus produtos com um investimento menor.

Considerando o uso em consoles e periféricos, pode se incluir como um concorrente indireto o uso de Inteligência Artificial para o reconhecimento de padrões de jogo do usuário. Pelo

pouco se sabe da próxima geração de consoles, isso é algo que vem se falando bastante. O diferencial desse projeto em relação ao que se especula é o fator humano ser incluído. Sendo possível identificar o estado emocional do jogador a cada interação, é possível oferecer uma experiência única a cada gameplay.

O que torna esse projeto aparentemente viável é a união de fatores como:

1. **simplicidade de utilização por parte dos usuários:** sejam estúdios de criação de videojogos, estúdios de marketing ou ainda os próprios jogadores. Aqui a proposta é algo que: se utilizado para análise de dados seja simplesmente ligar o equipamento e recolher as informações, ou se utilizado pelos jogadores, da mesma forma, ao ligar um equipamento, o software fazer as análises e proporcionar ao jogador a melhor experiência possível;
2. **baixo custo de aquisição:** Comparado aos equipamentos atuais para esse tipo de função, o investimento para sua aquisição será bem menor.
3. **oferecer informação para quem desenvolve e mais imersão e entretenimento para quem utiliza essa tecnologia:** Dessa forma os desenvolvedores serão capazes de criar videojogos que serão apreciados por um maior número de pessoas e ao mesmo tempo as pessoas que jogarem esses videojogos terão mais qualidade e diversão.

São consideradas com viáveis duas possíveis saídas de produto/serviço:

1. **como Ferramenta de Marketing:** Nesse caso, pretende-se melhorar o hardware atual para que ofereça ainda mais praticidade para o uso e transporte. Assim, será oferecido aos clientes, um produto que consiste em um conjunto de biossensores, um hardware que faz a interface humano/máquina e o acesso a um sistema online que faz o tratamento a análise dos dados, fornecendo assim gráficos e informações relevantes sobre o comportamento dos jogadores em relação a pontos específicos do jogo. Em curto prazo essa tem se mostrado uma proposta interessante visto que já se tem grande parte dos itens necessários;
2. **como Periférico Gamer:** Nesse caso será oferecido às empresas que desenvolvem consoles e periféricos gamer uma proposta de hardware que faz a interface humano/máquina e uma API de desenvolvimento, para que os videojogos sejam desenvolvidos de forma que, baseados nas predições feitas com base no estado emocional do jogador e seu desempenho no gameplay, o videojogo possa fazer alterações no game design em tempo real. Essa é uma proposta que se mostra interessante em longo prazo. No momento a dificuldade se encontra em reduzir os custos e tamanhos dos biossensores para que se torne viável.

A indústria de videojogos vem crescendo todos os anos, tanto a nível de hardware quanto de software. Ao longo dos últimos anos vários estúdios estão surgindo com jogos indie e com base no que foi pesquisado, esses estúdios como normalmente são startups, tem seu foco no desenvolvimento do jogo e não tem pessoas dedicadas para análises de métricas de jogo (Dias, 2019). Assim, existindo uma ferramenta que faça esse tipo de trabalho, existe um mercado amplo a ser explorado.

Considerando como periférico gamer, existe um mercado muito grande. O número de consoles vendidos na atual geração, apenas considerando PS4 e Xbox One, ultrapassa os 140 milhões de unidades. Jogadores de PC, apenas na Steam, que é uma das maiores lojas de jogos, o número

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

diário de jogadores ultrapassa os 33 milhões. Também foi levado em consideração uma possível rejeição por parte de alguns usuários mais preocupados com privacidade de dados, mas essa é uma objeção que pode ser facilmente desconstruída levando em conta que muitas pessoas utilizam equipamentos como smartwatches, que estão as monitorizando de forma ainda mais intensa, pois estes estão coletando dados ainda mais sensíveis à privacidade.

Independente se oferecido como ferramenta de marketing ou como periférico gamer, como o crescimento nas vendas desse setor tem sido contínuo e as pessoas estão a cada dia procurando por novidades e maneiras de conseguirem uma maior imersão nos videogames.

Assim, uma das opções de pesquisa posterior a essa dissertação é o estudo da criação desse produto/serviço. Sabe-se da complexidade das pesquisas necessárias para isso e por isso pode ser desenvolvido como uma tese de doutoramento.

Bibliografia

- Ambinder, M. (2011). Biofeedback in Gameplay: How valve measures physiology to enhance gaming experience. In *Game Developers Conference 2011*. Valve Software. 22, 26, 27
- Ambinder, M. (2018). Biofeedback in Gameplay: How valve measures physiology to enhance gaming experience - gdc 2011. <https://www.youtube.com/watch?v=MdT7Qx2oRAg>. Acedido em: 09/01/2019. 22
- BANDAI NAMCO Entertainment (2016). History of PAC-MAN. <http://pacman.com/en/pac-man-history>. Acedido em:19/10/2017. 51
- Benedek, J. and Hazlett, R. L. (2005). Incorporating facial emg emotion measures as feedback in the software design process. 20
- Bhalla, N., Jolly, P., Formisano, N., and Estrela, P. (2016). Introduction to biosensors. *Essays in Biochemistry*, 60(1):1-8. 24
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal Activity*. Springer Science+Business Media, LLC, New York, United States, 2 edition. 27
- Bradley, M. M. and Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1):49-59. 13, 16, 17, 20, 88
- Burlingham, B. and Gendron, G. (1989). The entrepreneur of the decade: An interview with steven jobs, inc.'s entrepreneur of the decade. <https://www.inc.com/magazine/19890401/5602.html> [acedido em: 06/03/2017]. 4
- Champion, E. and Dekker, A. (2011). Biofeedback and virtual environments. *International Journal of Architectural Computing*, 9(4):377-395. 23
- Chaplin, M. (2014). Enzyme Technology: What are biosensors? <http://www1.lsbu.ac.uk/water/enztech/biosensors.html>. Acedido em: 09/11/2019. 24
- de Byl, P. (2015). A conceptual affective design framework for the use of emotions in computer game design. *cyberpsychology j psychol res cyberspace* 9(3). <http://dx.doi.org/10.5817/CP2015-3-4> [acedido em: 06/03/2018]. vii, ix, 3
- Desmet, P. (2004). Measuring emotion: Development and application of an instrument to me-

- asure emotional responses to products. *Human-Computer Interaction Series*, 3:111-123. 17, 18
- Dias, R. (2019). Combinando Marketing e Game Design, com Ronaldo Nonato. <https://www.youtube.com/watch?v=h4oG3AT-fKQ>. Acedido em: 26/06/2019. 140
- Egger, M., Ley, M., and Hanke, S. (2019). Emotion recognition from physiological signal analysis: A review. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 343:35 - 55. The proceedings of Aml, the 2018 European Conference on Ambient Intelligence. 4
- Giggins, O. M., Persson, U., and Caulfield, B. (2013). Biofeedback in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, (1):6-19. 19
- Gilleade, K. M. and Dix, A. (2004). Using frustration in the design of adaptive videogames. In *Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, ACE '04*, pages 228-232, New York, NY, USA. ACM. 2
- Haag, A., Goronzy, S., Schaich, P., and Williams, J. (2004). Emotion recognition using bio-sensors: First steps towards an automatic system. In André, E., Dybkjær, L., Minker, W., and Heisterkamp, P., editors, *Affective Dialogue Systems*, pages 36-48, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg. 19, 24, 25, 26, 27
- Haas, J. (2014). *A History of the Unity Game Engine - An Interactive Qualifying Project*. lqp, Faculty of Worcester Polytechnic Institute. 32
- Hernando-Gallego, F., Luengo, D., and Artes-Rodriguez, A. (2018). Feature extraction of galvanic skin responses by nonnegative sparse deconvolution. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 22(5):1385-1394. 27
- Hristova, E., Grinberg, M., and Lalev, E. (2009). Biosignal based emotion analysis of human-agent interactions. In Esposito, A. and Vích, R., editors, *Cross-Modal Analysis of Speech, Gestures, Gaze and Facial Expressions*, pages 63-75, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg. 20
- Ilbeyli, V. (2017). Pacman-clone. <https://github.com/vilbeyli/Pacman>. 38, 50
- Kim, J. and André, E. (2008). Emotion recognition based on physiological changes in music listening. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 30(12):2067-2083. 19
- Koster, R. (2004). *Theory of Fun for Game Design*. Paraglyph Press, United States. 1

Biofeedback e Resposta Emocional em Game Design

- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., and Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3):261-273. 16
- Langley, P. (1997). Machine learning for adaptive user interfaces. In *Proceedings of the 21st Annual German Conference on Artificial Intelligence: Advances in Artificial Intelligence*, KI '97, pages 53-62, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag. 2
- Laurans, G. and Desmet, P. (2017). Developing 14 animated characters for non-verbal self-report of categorical emotions. *Journal of Design Research*, 15:214. 13, 18, 88
- Mandryk, R. and Atkins, M. (2007). A fuzzy physiological approach for continuously modeling emotion during interaction with play technologies. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, 65:329-347. 20
- Marci, C. D. (2006). A biologically based measure of emotional engagement: Context matters. *Journal of Advertising Research*, 46(4):381-387. 4, 20, 21, 90
- Microsoft (2019). Power BI. <https://powerbi.microsoft.com/pt-pt/>. Acedido em: 09/06/2019. 32
- Morin, C. and Renvoisé, P. (2005). *Neuromarketing: Is There a 'Buy Button' in the Brain? Selling to the Old Brain for Instant Success*. SalesBrain Publishing, Nashville, United States. 20
- Moss, D. (1998). Biofeedback, mind-body medicine, and the higher limits of human nature - association for applied psychophysiology and biofeedback. <https://www.aapb.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=3383>. Acedido em: 30/09/2017. 19
- Nakasone, A., Prendinger, H., and Ishizuka, M. (2005). Emotion recognition from electromyography and skin conductance. In *The Fifth International Workshop on Biosignal Interpretation*, pages 219-222. 27
- PCGamesN (2019). Old games: PC classics that are still worth playing. <https://www.pcgamesn.com/old-games-best-classic-pc-games/>. Acedido em: 09/11/2019. 1
- Picard, R. W. (1997). *Affective Computing*. The MIT Press, Cambridge, United States. 5
- Pittman, J. (2006). The Pac-Man Dossier. <http://www.gamasutra.com/view/feature/3938/the{ }pacman{ }dossier.php?print=1>. Acedido em: 13/09/2017. 52
- Plutchik, R. (2001). The nature of emotions: Human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice. *American*

Scientist, 89(4):344-350. 15, 16

Plácido da Silva, H., Guerreiro, J., Lourenco, A., Fred, A., and Martins, R. (2014). Bitalino: A novel hardware framework for physiological computing. pages 246-253. 31

Poels, K. and Dewitte, S. (2006). How to capture the heart? reviewing 20 years of emotion measurement in advertising. *Journal of Advertising Research*, 46(1):18-37. 4

Posner, J., Russell, J. A., and Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, 17(03):715-734. 14, 15

Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6):1161-1178. 13, 14

Schell, J. (2008). *The art of game design : a book of lenses*. Elsevier/Morgan Kaufmann, Boston, United States. 2

Scherer, K. (2001). *Appraisal processes in emotion : theory, methods, research*. Oxford University Press, Oxford. 13

Taylor, S., Jaques, N., Chen, W., Fedor, S., Sano, A., and Picard, R. (2015). Automatic identification of artifacts in electrodermal activity data. In *2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. IEEE. 27