



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**Ajuste Dinâmico de Dificuldade em jogos digitais:
um estudo de caso comparativo entre os modelos
Afetivo e baseado em Desempenho**

Matheus Vieira Fernandes

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

Orientadora
Prof.a Dr.a Carla Denise Castanho

Brasília
2019

Dedicatória

Dedico esse trabalho ao meu pai, à minha mãe, ao meu irmão e a minha irmã, com quem eu sei que sempre posso contar independente da situação; às minhas melhores amigas que alegam meu cotidiano me possibilitando compartilhar minhas conquistas e meus desabafos; ao meu namorado que já tá quase um especialista na área de tanto que eu o perturbei falando sobre esse trabalho e a todas as pessoas que eu amo e já amei por terem me passado os ensinamentos das suas vivências e fazerem parte de quem eu sou hoje.

Agradecimentos

Agradeço a minha orientadora e professora Carla Denise Castanho, aos professores Maurício Sarmet e Tiago Barros por participarem da banca avaliadora e a todos os voluntários que participaram dos testes realizados. E por último mas não menos importante, agradeço ao Marcos Paulo Cayres Rosa por ter sido sempre tão solícito e disposto a compartilhar comigo todo seu conhecimento desde o início desse trabalho. Por ser um exemplo de como menos individualismo e mais companheirismo no meio acadêmico podem fazer a gente chegar mais longe.

Resumo

Uma boa experiência de jogo implica, dentre outras coisas, que o nível do desafio proposto seja condizente com as habilidades que o jogador possui. O método de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD) busca realizar essa tarefa adaptando a dificuldade de um jogo durante a sua execução. A principal abordagem de desenvolvimento de ADD se baseia nos dados de desempenho do jogador. Estudos mais recentes também focam no uso dos dados afetivos do jogador, obtidos a partir dos seus sinais fisiológicos, para construir o que é chamado de ADD Afetivo. Neste contexto, o presente trabalho realizou um estudo de caso comparativo entre os modelos de ADD por Desempenho e ADD Afetivo implementados para o jogo *Asteroids* do gênero *Space Shooter*. Além das implementações, o estudo envolveu a condução de experimentos, a partir dos quais foram coletados e analisados dados de desempenho, dados advindos de questionários e dados fisiológicos da atividade eletrodérmica (EDA) dos jogadores. Observou-se que o ADD por Desempenho conseguiu uma adaptação mais adequada tanto entre os jogadores com mais habilidades quanto nos com menos habilidades, chamados aqui de casuais. O ADD Afetivo implementado não mostrou resultados satisfatórios para a adaptação de dificuldade de ambos os perfis de jogadores.

Palavras-chave: jogos digitais, ajuste dinâmico de dificuldade, ADD por Desempenho, ADD Afetivo, atividade eletrodérmica, EDA

Abstract

A good gaming experience implies, among other things, that the level of the proposed challenge is consistent with the skills the player has. The Dynamic Difficulty Adjustment (DDA) method seeks to accomplish this task by adapting the difficulty of a game during its execution. The main approach to DDA development is based on player performance data. More recent studies also focus on using the player's affective data from his/her physiological signals to construct what is called an Affective DDA. In this context, the present work makes a comparative case study between the models of Performance DDA and Affective DDA implemented for the game *Asteroids* of the genre *Space Shooter*. In addition to the implementations, the study involved conducting experiments, from which performance data, questionnaires data and physiological data on the electrodermic activity (EDA) of the players were collected and analyzed. It was observed that the DDA based on Performance achieved a more adequate adaptation between both the most skilled and the least skilled players, called here as casuals. The implemented Affective DDA did not show satisfactory results for the difficulty adaptation of both player profiles.

Keywords: digital games, dynamic difficulty adjustment, Performance DDA Affective DDA, electrodermal activity, EDA

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Definição do problema	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo geral	2
1.2.2	Objetivos Específicos	2
1.3	Estrutura da Monografia	3
2	Fundamentação Teórica	5
2.1	Jogo	5
2.2	Emoção	6
2.2.1	Excitação e Valência	7
2.2.2	Atividade Eletrodérmica (EDA)	7
2.2.3	Jogos Afetivos e Jogos de <i>biofeedback</i>	9
2.2.4	Deteção de emoção	10
2.3	Fluxo	11
2.3.1	Fluxo nos jogos	12
2.4	Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD)	14
2.4.1	ADD por Desempenho	14
2.4.2	ADD Afetivo	14
2.4.3	ADD Híbrido	15
3	Trabalhos Correlatos	16
3.1	Análise em tempo real da condutância da pele para ajuste dinâmico de dificuldade afetivo em videogames	16
3.2	Ajuste Dinâmico de Dificuldade híbrido em um jogo do gênero plataforma	17
3.3	Comparação entre modelos de ADD em um jogo do gênero plataforma/ <i>shooter</i>	19
3.4	Uso de sensores no ajuste dinâmico de dificuldade híbrido em jogos	22
4	Avaliação do Jogo sem ADD	25
4.1	Participantes	25

4.2	Instrumentos	26
4.2.1	O jogo utilizado	26
4.2.2	Questionários Aplicados	28
4.2.3	Dados coletados	30
4.3	Procedimentos	34
4.4	Análise de Dados	36
4.4.1	Análise dos dados dos jogadores individualmente	36
4.4.2	Separando jogador casual e jogador dedicado	39
4.4.3	Correlações entre dados de desempenho e dados de percepção	44
4.4.4	Relação da diversão com dados do jogo	46
5	Implementação dos ADDs Afetivo e por Desempenho	51
5.1	Medindo a dificuldade	51
5.2	Zona Ótima	52
5.3	ADD por Desempenho	52
5.3.1	Determinando alto desempenho	53
5.3.2	Determinando baixo desempenho	54
5.3.3	Classificações utilizadas no ADD por Desempenho	56
5.3.4	Quando alterar a dificuldade no ADD por Desempenho	56
5.4	ADD Afetivo	58
5.4.1	Classificando a excitação	58
5.4.2	Quando alterar a dificuldade no ADD Afetivo	62
5.5	ADD pro Zona	63
6	Testes e Resultados	65
6.1	Participantes	65
6.1.1	Sem ADD	65
6.1.2	ADD por Desempenho	66
6.1.3	ADD Afetivo	66
6.1.4	ADD por Zona	67
6.2	Instrumentos	68
6.3	Procedimentos	68
6.4	Análise de Dados	68
7	Conclusão	76
7.1	Trabalhos Futuros	77
	Referências	78

Lista de Figuras

2.1	Modelo Circumplexo de Afeto por Russell. (Adaptado de [1]).	7
2.2	Modelo Circumplexo de Afeto por Russell (Adaptado de [1]).	8
2.3	Diferentes estados emocionais para diferentes combinações de habilidade do jogador e desafio proposto (Fonte: [2]).	12
2.4	As diferentes Zonas de Fluxo de diferentes jogadores de acordo com suas experiências com jogos no passado (Fonte: [2]).	13
2.5	Representação de diferentes possíveis caminhos dentro de um jogo feitos para adaptar para a zona de fluxo de diferentes jogadores (Fonte: [2]). . . .	13
3.1	Cena do jogo Electroderma que implementa um ADD Afetivo utilizando EDA (Fonte: [3]).	17
3.2	Cenas da adaptação de dificuldade do jogo de plataforma 2D <i>The Explorer: 2D</i> (Fonte: [4]).	18
3.3	Cena do jogo Plataforma 2D/ <i>Shooter Madway to Heaven</i> (Fonte: [5]). . . .	20
3.4	Cena do jogo <i>Asteroids</i> do gênero <i>space shooter</i> (Adaptado de: [6]).	22
4.1	Cena do jogo <i>Asteroids</i> adaptado para esse estudo.	27
4.2	Captura de tela da interface do motor de jogo <i>Unity3D</i>	29
4.3	Cena do questionário feito no jogo <i>Asteroids</i> após a conclusão de cada um dos dez níveis para coletar os dados de percepção dos jogadores.	30
4.4	Pulseira E4 Wristband utilizada para adquirir dados fisiológicos em tempo real.	33
4.5	Como colocar a pulseira E4 Wristband segundo o manual (Fonte: [7]) . . .	34
4.6	Gráfico com vários dados de um jogador dedicado no decorrer de uma partida do jogo <i>Asteroids</i>	37
4.7	Gráfico com vários dados de um jogador casual no decorrer de uma partida do jogo <i>Asteroids</i>	38
4.8	Gráfico com vários dados de um jogador casual no decorrer de uma partida do jogo <i>Asteroids</i> com mudanças abruptas na EDA no nível 10.	39

4.9	Gráfico com vários dados de um jogador dedicado no decorrer de uma partida do jogo <i>Asteroids</i> com mudanças abruptas na EDA no nível 7. . . .	39
4.10	Tabela com dados referentes a quantidade de mortes em cada nível de cada voluntário.	42
4.11	Tabela com dados referentes a duração dos voluntários em cada nível. . . .	43
4.12	Tabela das médias de diferentes dados de cada nível correlacionadas entre si.	44
4.13	Saída do programa feito para encontrar valores que relacionassem todas as diversões antes e depois de todos números de morte.	47
4.14	Gráfico elaborado para verificar como a diversão varia em diferentes grupos de jogadores agrupados de acordo com o número de mortes.	48
4.15	Gráfico elaborado para verificar como a frustração varia em diferentes grupos de jogadores agrupados de acordo com o número de mortes.	48
4.16	Gráfico elaborado para verificar como a diversão varia em diferentes grupos de jogadores agrupados de acordo com a duração no nível (entre 30 e 240 segundos).	49
4.17	Gráfico elaborado para verificar como a diversão varia em diferentes grupos de jogadores agrupados de acordo com a duração no nível (entre 60 e 84 segundos).	50
5.1	Diferentes zonas em que um jogador pode se encontrar de acordo com o número de mortes e a sua duração em um nível.	53
5.2	Gráfico feito para se encontrar a equação em que dada a velocidade dos asteroides podemos estimar o número de mortes que um jogador dedicado médio tem em um nível.	54
5.3	Curvas de regressão da velocidade dos asteroides pelas médias de mortes dos jogadores casuais e dedicados.	55
5.4	Representação do algoritmo utilizado para se encontrar o tamanho do pico mediano.	60
6.1	Comparação da velocidade dos asteroides ajustada em cada nível em jogos com diferentes ADDs.	69
6.2	Comparação da dificuldade percebida pelos jogadores em cada nível em jogos com diferentes ADDs.	71
6.3	Comparação entre as durações de cada nível em jogos com diferentes ADDs.	72
6.4	Diversão percebida em diferentes grupos de jogadores em cada nível em jogos com diferentes ADDs.	73

6.5 Perguntas feitas para avaliar o estado de fluxo em diferentes grupos de jogadores.	75
--	----

Lista de Tabelas

3.1	Ajuste no nível de dificuldade, em uma escala de 2.3 a 8.3, na proposta do ADD por Desempenho utilizando o desempenho do jogador.	21
3.2	Ajuste no nível de dificuldade, em uma escala de 2.3 a 8.3, na proposta do ADD Híbrido utilizando o desempenho do jogador e a sua excitação.	21
4.1	Correlação das médias (m) ou desvio padrão (dp) de diferentes variáveis por nível entre diferentes grupos de jogadores.	45
5.1	Ajuste na velocidade dos asteroides entre os níveis de acordo com o desempenho e a zona do jogador.	57
5.2	Ajuste na velocidade dos asteroides a cada morte de acordo com o desempenho e a zona do jogador.	58
5.3	Ajuste na velocidade dos asteroides entre os níveis de acordo com a excitação inferida pela EDA e a zona do jogador.	62
5.4	Ajuste na velocidade dos asteroides a cada morte de acordo com a excitação inferida pela EDA e a zona do jogador.	63
5.5	Ajuste na velocidade dos asteroides entre os níveis de acordo com a zona do jogador.	64
5.6	Ajuste na velocidade dos asteroides a cada morte de acordo com a zona do jogador.	64

Lista de Abreviaturas e Siglas

ADD Ajuste Dinâmico de Dificuldade.

DDA Dynamic Difficulty Adjustment.

ECG Eletrocardiograma.

EDA Atividade Eletrodérmica.

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo é uma introdução para o trabalho realizado. Inicialmente é apresentada uma definição do problema que motivou a elaboração do presente trabalho, em seguida os objetivos da pesquisa e logo depois a estrutura da monografia.

1.1 Definição do problema

A indústria de videogames teve um grande crescimento nos últimos anos, e com isso verifica-se um aumento cada vez mais diverso no público de jogos digitais, desde crianças e adolescentes, cujo contato se inicia nos primeiros anos de vida, até pessoas que começaram a jogar já na idade adulta.

Uma das dificuldades em se fazer um bom jogo é conseguir adapta-lo para as habilidades do público mais diverso possível. Para que um jogador possa ter uma boa experiência ao jogar, o nível do desafio proposto pelo jogo deve ser condizente com as habilidades que o jogador possui [2]. Com o intuito de realizar esse balanceamento existe a técnica de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD) que busca adaptar a dificuldade de um jogo durante a sua execução de acordo com as habilidades dos jogadores (Rosa apud Andrade et al. [4]).

O ADD pode ser feito utilizando o desempenho do jogador durante a partida, o qual é comumente chamado de ADD por Desempenho. Se o desempenho do jogador for alto, o jogo deve ser dificultado a fim proporcionar um maior desafio para o jogador. Se o desempenho do jogador for baixo, o jogo deve ser facilitado de modo que ele consiga concluir o desafio proposto. Os principais desafios para criar um ADD por Desempenho são conseguir mensurar, durante a partida, qual é o desempenho do jogador (se alto ou baixo) a partir dos dados do jogo e o quanto a dificuldade deve ser alterada em cada um desses casos.

Uma das fraquezas do ADD por Desempenho é que ele, basicamente, depende exclusivamente da performance do jogador para determinar quais alterações devem ser feitas no jogo. Apenas porque um jogador demora para completar um nível, por exemplo, não significa que ele está entediado, o jogador pode simplesmente preferir explorar os níveis do jogo do que completar o nível diretamente. No sentido de contribuir com as pesquisas em ADD, pesquisadores propuseram o ADD Afetivo que toma como base os estados emocionais do jogador [3]. Se o jogador estiver frustrado ou com raiva, por exemplo, o jogo deve ser facilitado, por outro lado, se o jogador estiver entediado, isso sinaliza que o jogo deve ser dificultado. O desafio nessa abordagem se trata de, durante a partida, conseguir inferir corretamente os estados emocionais dos jogadores, utilizando dados fisiológicos junto com dados do jogo por exemplo.

Alguns autores como Rosa [4], Lopes e Soares Junior [5] e Natal [6] utilizaram conjuntamente os conceitos de ADD por Desempenho e ADD Afetivo em um mesmo método de ADD nomeando-o ADD Híbrido.

O trabalho realizado por Natal, no Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília, cria um método de Ajuste Dinâmico de Dificuldade Híbrido para uma adaptação do jogo *Asteroids: in the 2nd and 1/2th dimension*¹. O estudo investigou os elementos de um jogo *space shooter* 2D que podem levar um jogador para o estado de fluxo utilizando Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD) com dados do desempenho do jogador e dados fisiológicos (EDA). Entretanto, algumas deficiências foram identificadas nesse trabalho. O cálculo da linha de base do estado afetivo do jogador apresenta algumas inconsistências, não é feita a distinção das valências dos jogadores e não é especificado como o limiar de mortes, que é utilizado para determinar os diferentes desempenhos, foi encontrado.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Diante do exposto, a presente investigação consiste, em determinados aspectos, em uma continuidade das contribuições de Natal. Mais precisamente, objetiva-se comparar os modelos de ADD por Desempenho e ADD Afetivo para uma adaptação do jogo *Asteroids: in the 2nd and 1/2th dimension*.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

¹<https://github.com/matthewrenze/asteroids>

- Relacionar a dificuldade experimentada pelos jogadores com dados do jogo;
- Relacionar o desempenho dos jogadores com dados do jogo;
- Relacionar a excitação dos jogadores com dados fisiológicos dos jogadores;
- Encontrar dados do jogo que se relacionem com a valência dos jogadores;
- Implementar um método de ADD por Desempenho que utilize a estimativa de desempenho dos jogadores e os dados relacionados com a valência deles;
- Implementar um método de ADD Afetivo que utilize a excitação dos jogadores e os dados relacionados com a valência deles;
- Comparar os diferentes modelos de ADD e verificar a sua eficiência em proporcionar aos jogadores uma experiência de estado de fluxo.

1.3 Estrutura da Monografia

O presente trabalho foi estruturado da seguinte maneira:

Capítulo 2 — Fundamentação Teórica: São definidos, a partir de outros trabalhos, conceitos necessários para a compreensão do assunto abordado na pesquisa.

Capítulo 3 — Trabalhos Correlatos: Nesse capítulo são apresentados quatro outros trabalhos que estudam modelos de ADD e os implementam em diferentes jogos e auxiliaram na criação do ADD do presente trabalho.

Capítulo 4 — Avaliação do Jogo sem ADD: Nesse capítulo é investigado o comportamento dos jogadores a partir de uma primeira bateria de testes. Esta etapa fornecerá subsídios para a implementação dos ADDs Afetivo e baseado em Desempenho. Serão apresentados o jogo que é objeto de estudo desde trabalho, os questionários que foram aplicados, os dados que foram coletados, o sensor utilizado para adquirir os dados fisiológicos, o roteiro da realização do experimento e por fim é feita uma análise dos dados coletados do jogo sem ADD. Com essa análise pretende-se:

- Separar os jogadores em grupos de jogadores casuais e dedicados de acordo com seu desempenho;
- Compreender melhor a correlação entre diferentes dados do jogo;
- Encontrar alguma relação entre a valência dos jogadores e os dados do jogo. Um número médio de mortes e de duração em um nível onde a diversão é maximizada (chamada de zona ótima).

Capítulo 5 — Implementação dos ADDs Afetivo e por Desempenho: Nesse capítulo é abordado como a dificuldade é medida no jogo, como o desempenho é classificado no caso do ADD por Desempenho e como a dificuldade é alterada nele, como a excitação é classificada no caso do ADD Afetivo e como a dificuldade é alterada nele e como o ADD por Zona é implementado.

Capítulo 6 — Testes e Resultados: Nesse capítulo é relatado os testes realizados com o intuito de comparar os diferentes ADDs e é feita uma análise dos resultados.

Capítulo 7 — Conclusão: Por fim, é apresentado aqui as conclusões do presente trabalho e sugestões para a continuidade do mesmo ou ideias para outros possíveis trabalhos.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresentará conceitos fundamentais no âmbito deste trabalho. Serão abordados conceitos como jogo, excitação, valência, jogos afetivos, jogos de biofeedback, atividade eletrodérmica (EDA), Fluxo e Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD).

2.1 Jogo

Jogo é uma atividade abrangente presente em todas as culturas. Vários autores já criaram diferentes definições para tentar responder a pergunta “o que é jogo?”. Juul [8] em seu artigo, cita algumas dessas definições como:

1. Uma atividade que é essencialmente: livre (voluntária), separada [em tempo e espaço], incerta, improdutiva, governada por regras, fictícia [9].
2. (Percebe-se nos jogos) quatro fatores comuns: representação [“um sistema formal fechado que subjetivamente representa um subconjunto da realidade”], interação, conflito e segurança [“os resultados de um jogo são sempre menos severos do que as situações que o jogo modela”] [10].
3. Um jogo é uma forma de recreação constituída por um conjunto de regras que especificam um objetivo a ser atingido e os meios permitidos para alcançá-lo [11].
4. Um jogo é um sistema no qual os jogadores se envolvem em um conflito artificial, definido por regras, que resulta em um resultado quantificável. [12].

Baseando-se nessas e em outras definições, Juul propõe a sua própria definição de jogo que é amplamente utilizada. Sua definição se baseia em seis pontos:

1. **Regras:** Jogos devem possuir regras bem definidas para que se possa jogar o jogo sem ter que interromper ele constantemente para discuti-las e para que no caso de jogos digitais elas possam ser implementadas em um computador.

2. **Resultado variável e quantificável:** Há a necessidade de que o resultado do jogo seja variável. Se só existir a possibilidade do jogador sempre vencer por exemplo, o jogo será desinteressante. Quantificável significa que esse resultado deve poder ser mensurável de uma maneira que fique clara para o jogador se ele atingiu o objetivo do jogo ou não.
3. **Atribuição de valores a possíveis resultados:** Alguns resultados dos jogos são melhores do que outros, e geralmente quanto melhor o resultado, mais difícil ele é de ser atingido, gerando o desafio do jogo.
4. **Esforço do jogador:** O esforço do jogador é uma maneira de mostrar que o jogo é interativo, possui conflito e é desafiador. O investimento através do esforço do jogador tende a fazer com que ele crie um apego com o resultado do jogo, já que o investimento de energia no jogo faz o jogador parcialmente responsável pelo resultado.
5. **Afeição do jogador ao resultado:** A afeição do jogador ao resultado é uma característica psicológica do jogo. Um jogador geralmente se sente satisfeito ao vencer e insatisfeito ao perder.
6. **Consequências Negociáveis:** Jogos podem possuir consequências na vida real dos jogadores, como no caso de jogos apostados. Essas consequências podem ser subjetivas também, como se sentir triste por perder ou o rompimento de uma amizade em uma partida de Banco Imobiliário.

Silva [13] no seu artigo investiga a definição de jogo citando o estudo de vários autores no decorrer da história. Dentre os vários tópicos abordados, ele traz a seguinte fala de Schell sobre o prazer de se jogar: “a atividade de jogo consiste em uma situação de resolução de problemas, na qual o exercício da resolução deve ser relevante por si mesmo”. Esse trecho enfatiza na importância da diversão intrínseca que um jogo deve ter, o prazer que o jogador deve sentir ao jogar.

2.2 Emoção

Segundo a Associação Americana de Psicologia (APA) emoção é um padrão de reação complexo que envolve elementos experienciais, comportamentais e fisiológicos pelo qual um indivíduo tenta lidar com um assunto ou evento pessoalmente significativo [14].

Na Seção 2.1 é falado como a diversão e a afeição do jogador ao resultado do jogo são importantes elementos de um jogo. Para entender melhor esses elementos nesse capítulo são abordados conceitos relacionados à emoção do jogador.]

2.2.1 Excitação e Valência

Russell [1] propõe em seu artigo que diferentes estados emocionais como angústia, desgosto, depressão, excitação podem estar inter-relacionados de uma maneira sistêmica.

De acordo com o autor, essa relação pode ser representada em um modelo no qual as emoções são descritas pela combinação de duas variáveis independentes, a excitação (que varia de sonolência/quietude quando baixa, à excitação/agitação quando alta) e a valência (que varia de tristeza/miséria quando baixa à alegria/prazer quando alta). Colocando a valência no eixo horizontal e a excitação no eixo vertical, podemos visualizar diferentes estados emocionais em uma forma circular como na Figura 2.1. Russell chamou essa representação, em tradução livre, de Modelo Circumplexo de Afeto [1]. Na Figura 2.2 temos mais um exemplo do Modelo Circumplexo de Afeto em que diferentes coordenadas de valência e excitação representam diferentes estados emocionais.

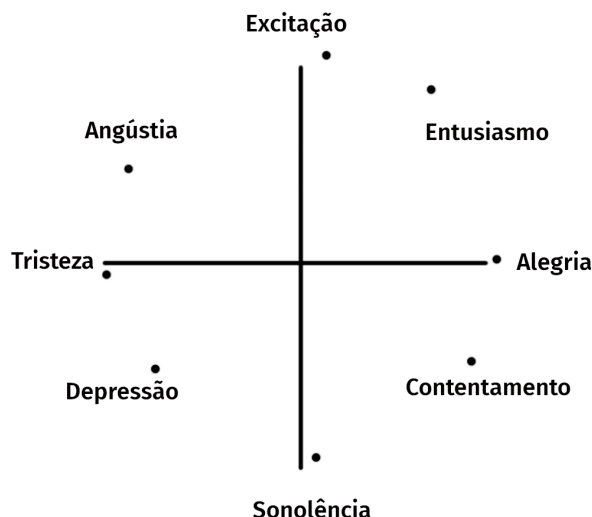


Figura 2.1: Modelo Circumplexo de Afeto por Russell. (Adaptado de [1]).

Esse modelo é particularmente interessante no contexto deste trabalho pois se criarmos funções que possam estimar a valência e a excitação do jogador, utilizando dados do jogo ou do jogador, conseguiremos estimar o estado afetivo presente do jogador, e assim, melhor ajustar a dificuldade do jogo para ele.

2.2.2 Atividade Eletrodérmica (EDA)

Na tentativa de estimar os estados emocionais do jogador, utilizamos a sua atividade eletrodérmica, que é explicada em mais detalhes nessa seção.

Segundo Braithwaite et al. [15] a atividade eletrodérmica (do inglês *electrodermal activity*), é o termo geral usado para definir mudanças autonômicas (involuntárias) nas

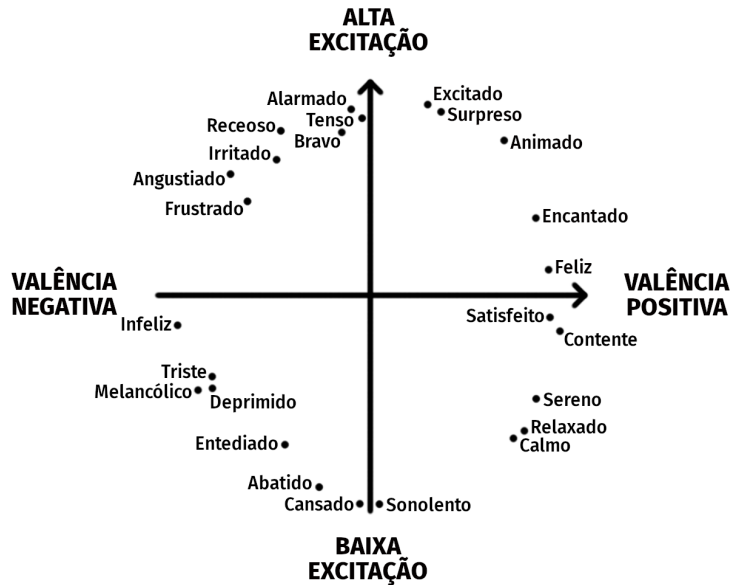


Figura 2.2: Modelo Circumplexo de Afeto por Russell (Adaptado de [1]).

propriedades elétricas da pele. A propriedade mais comumente estudada é a condutância da pele, que pode ser obtida aplicando um potencial elétrico em dois pontos de contato com a pele e medindo o fluxo de corrente elétrica resultante entre eles – quanto mais suor na pele, maior a condutibilidade e maior é a corrente elétrica.

A atividade eletrodérmica pode ser usada apenas como um indicador do nível de excitação do jogador (eixo vertical das Figuras 2.1 e 2.2), estando correlacionada linearmente a ela [16] [15].

De acordo com Imre [3] (página 24) existem três problemas que devem ser levados em consideração ao se usar a atividade eletrodérmica para analisar jogos:

1. **Problema da linha de base:** refere-se a encontrar um ponto de referência neutro (uma linha de base) com o qual as alterações na condutância da pele possam ser comparadas posteriormente. Na teoria, essa linha de base é um ponto ótimo de excitação que os jogadores devem estar próximos durante o jogo. Devido à natureza individual da condutância da pele, é impossível designar uma linha de base fixa para todos os jogadores, então Levenson [17] sugere apresentar aos jogadores, antes do início do jogo, estímulos selecionados que gerem um nível moderado de atividade no sistema nervoso autônomo, como um vídeo relaxante, para se estimar a linha de base referente a aquele jogador específico. Um guia de medição da EDA publicado pela Universidade de Birmingham sugere que esse período de aquisição da linha de base seja de 2 a 4 minutos.

2. **Problemas relacionados ao tempo:** uma questão importante a ser abordada é a frequência que se deve coletar os dados fisiológicos do jogador, já que algumas emoções se manifestam em breves excitações fisiológicas enquanto outras são construídas ao longo do tempo.
3. **Distinção de diferentes valências emocionais:** como a condutância da pele está ligada apenas à excitação, ela não pode ser utilizada como um indicador da valência do jogador. Animado e irritado, por exemplo, ocorrem ambas com a excitação alta mas possuem valências opostas.

Imre [3] conclui que usar uma linha de base para representar o estado neutro do jogador não é uma boa solução na prática porque essa linha de base pode mudar com frequência, para um mesmo jogador, dependendo de variáveis do mundo real como: temperatura da sala, umidade do ar e nível de estresse.

Caso o intuito do jogo seja manter o jogador com a excitação baixa, mostrar um vídeo relaxante antes do início da partida para calcular a linha de base e durante o jogo tentar se manter próximo dessa linha, pode ser uma boa opção. Mas em muitos jogos, como de ação, por exemplo, a excitação faz parte do prazer sentido pelo jogador. Nesses casos, tentar se aproximar de uma linha de base que representa um momento de tranquilidade do jogador, pode não fazer sentido.

Para resolvermos o problema da distinção de diferentes valências emocionais, temos que utilizar outros meios além da EDA para determinar se as emoções experimentadas pelo jogador são de natureza positiva ou negativa. Imre mostra que alguns estudos conseguiram fazer essa distinção usando outros dados fisiológicos como batimento cardíaco e tensão muscular. Erin Reynolds, uma famosa desenvolvedora de jogos, diz que o estado emocional do jogador pode ser deduzido combinando o nível de excitação com o contexto do jogo. Por exemplo, se um jogador estiver com a excitação alta e com a vida baixa, ele pode estar está frustrado ou angustiado. Se o jogador estiver com a excitação alta e com a vida completa, ele pode estar animado ou entusiasmado [3].

2.2.3 Jogos Afetivos e Jogos de *biofeedback*

Imre [3] em sua tese, estuda jogos afetivos e os diferencia de jogos de *biofeedback*:

Jogo Afetivo: para que o jogo seja considerado afetivo, o jogo precisa usar emoções como meio de interação. Um exemplo é um jogo de corrida que, quanto mais animado um jogador está, maior é a velocidade do carro dele. Além disso as respostas fisiológicas do jogador devem ser involuntárias.

Jogo de *Biofeedback*: para que o jogo seja considerado de *biofeedback* as respostas fisiológicas do jogador são voluntárias e devem ser utilizadas no jogo de maneira que o jogador tenha controle sobre elas. Muitos desses jogos são usados para fins medicinais ou terapêuticos. Um exemplo pode ser um jogo no qual quanto mais lentamente o jogador respira, mais bem iluminado é o cenário do jogo.

2.2.4 Detecção de emoção

De acordo com Lang [16] as emoções não são completamente invisíveis para além de quem as sente. Elas podem ser percebidas por sinais como suor, fluxo sanguíneo cutâneo (responsáveis por corar ou empalidecer o rosto), alteração dos batimentos cardíacos e piloereção (elevação involuntária de pelos no corpo). Esses sinais podem ser mensurados por sensores.

Um sensor é um dispositivo que responde a um estímulo físico/químico de maneira específica e que pode ser transformado em outra grandeza física para fins de medição e/ou monitoramento. Nesse trabalho utilizamos o sensor de condutância elétrica, que mede a atividade eletrodérmica (EDA), para criar o modelo de ADD Afetivo. Abordamos na Seção 4.2.3 mais informações sobre o sensor utilizado neste trabalho.

Como o campo dos jogos afetivos ainda está em processo de concretização, existem poucas soluções padronizadas de software para realizar a tarefa de detecção de emoções. Imre [3] cita Yannakis e Paiva que identificaram duas abordagens de alto nível para detectar e modelar emoções em jogos: *model-based* e *model-free*.

Model-based: Nessa abordagem os algoritmos são implementados em torno de teorias conhecidas da emoção, como o modelo Circumplexo de Afeto explicado na Seção 2.2.1. Um exemplo é utilizar o modelo Circumplexo de Afeto para inferir que quanto mais alto a condutância da pele, mais excitado o jogador está.

Model-free: Nessa abordagem são empregadas técnicas de aprendizado de máquina (como lógica difusa e redes neurais artificiais, por exemplo) ou análise estatística para derivar estados emocionais dos jogadores com base em dados do jogo e de sensores biométricos. O processo de implementação geralmente é complexo e demorado. Na maioria dos casos, os participantes têm a tarefa de jogar o jogo não afetivo por um determinado período de tempo enquanto conectados à sensores e depois, com auxílio das técnicas mencionadas, é derivado um modelo computacional que pode traduzir sinais fisiológicos para estados emocionais em tempo real.

Na prática, a maioria dos algoritmos de detecção de emoção usados em jogos contém elementos dos dois modelos. Neste trabalho usaremos a teoria do Modelo Circumplexo

de Afeto, citado no tópico *model-based*, e assim como análise estatística, da abordagem *model-free*.

2.3 Fluxo

Estado de Fluxo (do inglês *flow*) é um estado em que as pessoas estão tão envolvidas em uma atividade que nada mais parece importar; a experiência em si é tão agradável que as pessoas realizam essa atividade mesmo se houver um grande custo, pelo simples prazer de fazê-la [18].

O conceito de Fluxo é usado por psicólogos que estudam felicidade, satisfação com a vida e motivação intrínseca; por antropólogos interessados nos fenômenos da efervescência coletiva e dos rituais e também em outras áreas não acadêmicas como na prática da psicoterapia, na reabilitação de delinquentes juvenis, na organização de atividades em lares de idosos, na concepção de exposições em museus e em terapia ocupacional para deficientes. [18]

Csikszentmihalyi define o seu conceito de experiência autotélica (*enjoyment*) equivalente ao estado de Fluxo [19]. Em uma experiência autotélica a pessoa não só atendeu a alguma expectativa mas também foi além do que se programou a fazer e alcançou o inesperado, encontrando um sentimento de novidade e realização. Esse estado de Fluxo possui as seguintes características [20]:

1. Tarefa desafiadora com uma possibilidade razoável de conclusão;
2. Objetivos claros;
3. *Feedback* imediato (resposta imediata);
4. Envolvimento profundo, mas sem esforço, que elimina da consciência as frustrações e preocupações da vida cotidiana;
5. Autocontrole sobre a situação (senso de controle sobre nossas ações);
6. Nenhuma preocupação pelo eu (falta de consciência das necessidades físicas por exemplo);
7. Alteração do conceito de tempo, horas podem passar em minutos e minutos em horas.

É importante frisar que não é necessária a presença de todos esses itens simultaneamente em uma atividade para se constatar o estado de Fluxo nela.

2.3.1 Fluxo nos jogos

Aristóteles concluiu há mais de 2.300 anos que a vida é guiada pelo prazer, que as pessoas normalmente procuram fazer atividades que as tragam felicidade. A teoria do Fluxo tenta explicar o prazer e do que a felicidade é feita. Juntando essas informações, Chen em seu artigo usa a teoria de Fluxo para investigar como aprimorar as experiências de usuários em atividades interativas, como nos jogos [2].

A descrição de Fluxo é idêntica ao estado em que jogadores se encontram ao estarem imersos em jogos. Mais de três décadas de competição comercial entre companhias de jogos fez com que a maioria dos jogos atuais incluíssem em sua implementação componentes de Fluxo como por exemplo *feedback* instantâneo e objetivos claros [2].

Para se manter um jogador em estado de Fluxo, o jogo deve equilibrar o seu desafio com a habilidade do jogador de superar esse desafio. Se o desafio está além das habilidades do jogador, o jogo causa ansiedade no indivíduo. Se o desafio não engaja o jogador, ele perde o interesse e abandona o jogo. Essa situação é mostrada na Figura 2.3.

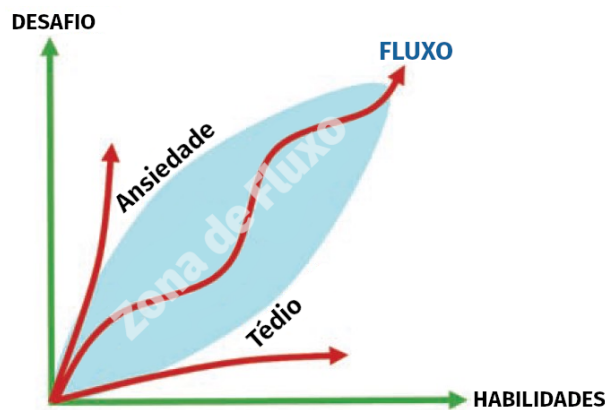


Figura 2.3: Diferentes estados emocionais para diferentes combinações de habilidade do jogador e desafio proposto (Fonte: [2]).

A maioria dos jogos apenas oferece uma única experiência estática (a linha central na Figura 2.4). Isso pode manter o jogador típico em Fluxo mas não será divertido para jogadores dedicados (experientes) ou jogadores casuais (inexperientes). Diferentes jogadores possuem diferentes Zonas de Fluxo como é mostrado na Figura 2.4.

Com a intenção de projetar um jogo para um público mais amplo, o jogo não pode ser o mesmo para todos os jogadores. Os jogos precisam oferecer vários caminhos, que se adaptem a diferentes Zonas de Fluxo de jogadores distintos (Figura 2.5).

Contudo, fazer os jogadores terem que tomar a escolha de qual dificuldade se adapta melhor para eles pode ser irritante e interromper o andamento do jogo. Essa situação vai de encontro a um dos componentes de Fluxo que diz respeito a concentração do jogador

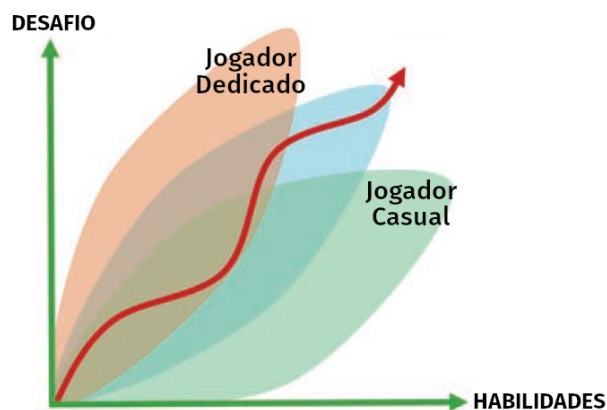


Figura 2.4: As diferentes Zonas de Fluxo de diferentes jogadores de acordo com suas experiências com jogos no passado (Fonte: [2]).

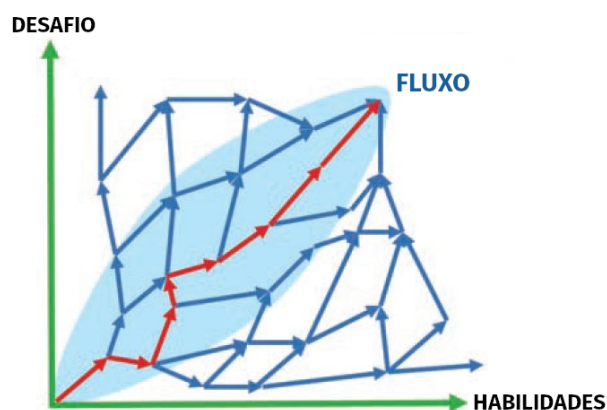


Figura 2.5: Representação de diferentes possíveis caminhos dentro de um jogo feitos para adaptar para a zona de fluxo de diferentes jogadores (Fonte: [2]).

na tarefa. A melhor maneira de evitar essa situação é embutir de maneira discreta essa adaptação do caminho que o jogador vai tomar no jogo, sem interromper o Fluxo.

O autor sintetiza quatro passos para produzir experiências interativas prazerosas em geral:

1. Use componentes do Fluxo;
2. Mantenha o jogador na Zona de Fluxo;
3. Ofereça opções adaptativas, permitindo que diferentes usuários encontrem a sua própria Zona de Fluxo;
4. Crie de maneira embutida e discreta maneiras de um jogador alterar seu caminho em direção a sua Zona de Fluxo, sem interromper o Fluxo.

2.4 Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD)

Modelos de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD) são feitos para se balancear a dificuldade de um jogo no decorrer de uma partida. O objetivo desse ajuste é fazer com que o desafio proposto seja condizente com as habilidades de diferentes jogadores como visto na Seção 2.3.1.

Podemos separar os modelos (ADD) em dois tipos:

- ADD por Desempenho
- ADD Afetivo

2.4.1 ADD por Desempenho

Existem apenas no "mundo virtual", ou seja, essas implementações de ADD avaliam apenas métricas de desempenho geradas pelas interações do jogador com o jogo para determinar a melhor forma de ajustar o jogo para atender o nível de habilidade do jogador [3].

O ADD por Desempenho utiliza estimativas de desempenho do jogador para adaptar a dificuldade do jogo. Se um jogador por exemplo estiver morrendo muito ou demorando muito tempo em uma fase, é inferido que seu desempenho é baixo e o jogo deve ser facilitado para este jogador. Se um jogador estiver morrendo pouco e concluindo as fases rapidamente, é inferido que ele possui um alto desempenho e o jogo deve ser dificultado para ele.

2.4.2 ADD Afetivo

Uma das falhas do ADD por Desempenho é sua dependência exclusiva da performance do jogador para determinar quais alterações devem ser feitas no jogo. Apenas porque um jogador demora para completar um nível, por exemplo, não significa que ele está entediado, o jogador pode simplesmente preferir explorar os níveis do jogo do que completar o nível diretamente. Para tentar solucionar essas falhas existe o ADD Afetivo em que a mudança de dificuldade é realizada utilizando inferências dos estados emocionais do jogador. Geralmente esses dados emocionais são deduzidos utilizando dados fisiológicos. Algumas implementações de ADD Afetivo também usam dados de desempenho do jogador para ajudar nessa inferência [3].

Jogos que possuem ADD Afetivo são jogos afetivos (vistos na Seção 2.2.3) mas não necessariamente um jogo afetivo possui um ADD Afetivo. Por exemplo, um jogo em que a trilha sonora se altera de acordo com o batimento cardíaco do jogador é um jogo afetivo,

mas não possui um ADD Afetivo já que essa mudança não diz respeito a dificuldade do jogo.

2.4.3 ADD Híbrido

É uma junção do ADD por Desempenho e do ADD Afetivo. Para um ADD ser considerado Híbrido ele deve utilizar o desempenho e os estados emocionais dos jogadores para ajustar a dificuldade do jogo adequadamente. Um ADD Híbrido deve se preocupar em fazer com que os desafios propostos sejam condizentes com as habilidades dos jogadores e que se evite estados emocionais negativos, como frustração e tédio, nos jogadores.

Um ADD que utiliza dados de desempenho e dados fisiológicos de um jogador não necessariamente é um ADD Híbrido. Como é mostrado na Seção 2.4.2, um ADD Afetivo que utiliza dados fisiológicos para inferir o estado emocional do jogador também pode utilizar dados de desempenho para auxiliar nessa inferência, mas nesse caso ele não pode ser classificado como ADD Híbrido porque os dados de desempenho do jogador não são utilizados para calcular o desempenho do jogador (e sim para inferir o estado emocional dele).

Capítulo 3

Trabalhos Correlatos

Nesse capítulo serão expostos outros trabalhos cujos resultados auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho. Cada uma das quatro seções apresenta um trabalho diferente envolvendo o tema ajuste dinâmico de dificuldade.

3.1 Análise em tempo real da condutância da pele para ajuste dinâmico de dificuldade afetivo em videogames

Imre [3] faz um extenso trabalho investigando como podemos ajustar jogos para um público com habilidades e traços emocionais diversos. Para isso ele propõe um modelo de ADD Afetivo que usa indicadores de emoção do jogador (advindos de sinais fisiológicos) para manipular a dificuldade do jogo em tempo real. O autor faz uma revisão interdisciplinar de mais de 90 publicações, fornece uma visão abrangente da história, trabalhos atuais, desafios futuros e questões referentes a psicofisiologia, jogos afetivos e outros campos relacionados.

No final do trabalho o autor cria um jogo chamado *Electroderma*, com ADD Afetivo que utiliza a EDA, para mostrar como os conceitos abordados durante o seu trabalho podem ser utilizados na prática.

Antes do jogo iniciar o jogador é submetido por dois minutos a uma versão do jogo em que não se pode perder para se adquirir a sua linha de base. Essa linha de base teoricamente representa o estado ótimo de excitação que o jogador deveria se manter. Para analisar as mudanças de estados emocionais, o autor verifica se o sinal EDA medido se afastou da linha de base por quatro segundos ou mais (em qualquer uma das direções). Se sim, o jogo interpreta que houve uma mudança no estado emocional. Os possíveis estados emocionais são: agitado, neutro e calmo). Se o estado emocional for agitado

e a vida do jogador for baixa, é inferido frustração e a dificuldade é diminuída. Se o estado emocional for calmo e a vida do jogador for alta, é inferido tédio e a dificuldade é aumentada (representado graficamente pela seta apontando para cima no canto inferior direito da Figura 3.1). Existem apenas três diferentes dificuldades no jogo: fácil, médio e difícil (quadrados no canto inferior direito da Figura 3.1).

Como o autor mesmo destaca, usar linha de base não é uma boa solução na prática porque a linha de base muda com frequência dependendo de variáveis do mundo real como: temperatura da sala, umidade do ar, nível de estresse.

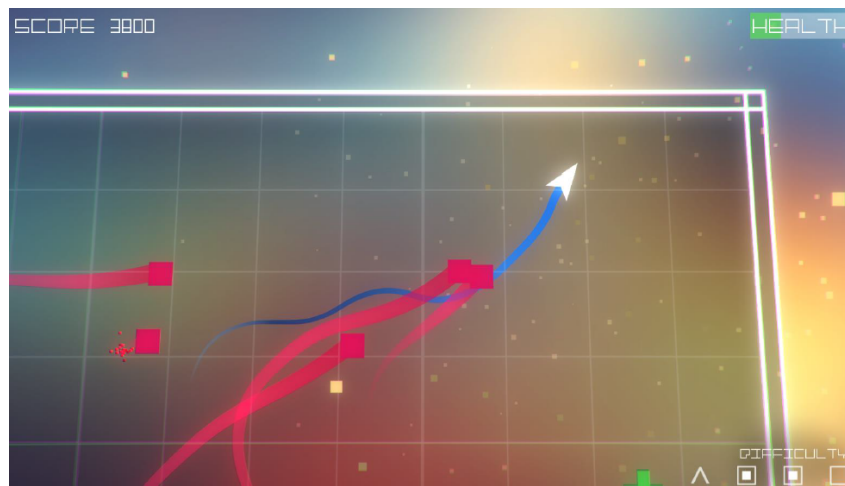


Figura 3.1: Cena do jogo Electroderma que implementa um ADD Afetivo utilizando EDA (Fonte: [3]).

3.2 Ajuste Dinâmico de Dificuldade híbrido em um jogo do gênero plataforma

Rosa [4] faz uma extensa revisão bibliográfica, trazendo várias informações acerca do tema de ajuste dinâmico de dificuldade advindas de outros trabalhos. Sua monografia objetiva investigar métodos para estimar a dificuldade em jogos de plataforma e criar um algoritmo de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD) em um jogo de plataforma utilizando dados de desempenho do jogador e dados fisiológicos (EDA). Ao final do artigo é comparado a eficiência de diferentes modelos de ADD (ADD por Desempenho, ADD Afetivo e ADD Híbrido).

Para realizar o seu trabalho o autor utiliza o jogo *The Explorer: 2D* do gênero plataforma. O jogo possui o código aberto e foi adaptado pelo autor para se adequar aos seus objetivos.

A primeira parte do trabalho busca investigar o que causa a dificuldade em jogos de plataforma e como mensurar a dificuldade de um nível. A dificuldade no estudo foi relacionada com a chance de se executar um salto entre plataformas com sucesso. Foram feitos vários cálculos para se encontrar um valor que represente a dificuldade de se saltar entre duas plataformas adjacentes. Depois, para se encontrar a estimativa da dificuldade do nível, é feito o somatório de todos esses valores.

Rosa em seu trabalho cria três diferentes versões do jogo: uma com um modelo de ADD implementado usando apenas dados do jogador, uma com dados da atividade eletrodérmica (EDA) do jogador e outra com a mistura dos dois. Esses modelos são chamados no trabalho respectivamente de ADD por Desempenho, ADD Afetivo e ADD Híbrido. Os três ADD alteram a dificuldade do jogo alterando o tamanho e a posição das plataformas como é mostrado na Figura 3.2.

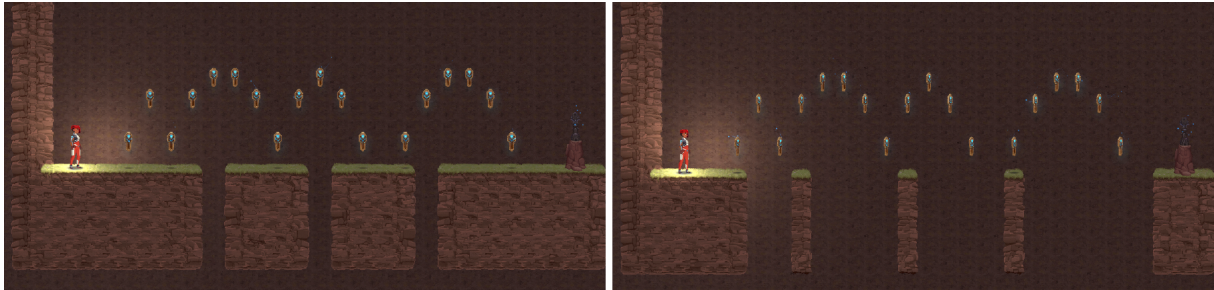


Figura 3.2: Cenas da adaptação de dificuldade do jogo de plataforma 2D *The Explorer: 2D* (Fonte: [4]).

Para fazer o ADD por Desempenho o autor utiliza a informação se um salto entre duas plataformas foi feito com sucesso ou não. Se o salto não for realizado com sucesso e o jogador morrer caindo em um buraco, a informação do local da morte é salva e é comparada com o local da morte anterior para se ajustar a dificuldade do jogo. Quanto mais se morre, mais o jogo é facilitado exponencialmente. Quando um segmento do nível é completado sem a ocorrência de mortes, a dificuldade cresce.

Para fazer o ajuste afetivo o autor utiliza dados da atividade eletrodérmica (EDA) dos jogadores. O autor utiliza um programa de código aberto¹ para tratar o sinal EDA. Os sinais são lidos a cada dois segundos e é verificado se ouve uma variação em relação aos sinais de dois segundos atrás. Se o sinal tratado atual é superior ao sinal de dois segundos atrás é inferido alta excitação, se o sinal atual é inferior ao sinal de dois segundos atrás é inferido baixa excitação.

Após a implementação do ADD por desempenho, do ADD Afetivo e do ADD Híbrido, foram feitos testes para comparar a eficiência deles entre si e entre um jogo sem ADD

¹<https://github.com/ddessy/RealTimeArousalDetectionUsingGSR>

nenhum. Nesses testes foram colocados grupos de pessoas para jogar as quatro modalidades de jogos e responder um questionário. Foi concluído com os testes que um sistema de ADD é capaz de adequar a dificuldade e manter o jogador em estado de fluxo em um jogo do gênero plataforma e que a dificuldade foi constatada como mais adequada ao se utilizar o modelo híbrido. Foi verificado também que a performance dos jogadores é superior nos jogos com ADD e que há uma predileção dos jogadores pela dificuldade proporcionada pelo ADD implementado com ajuste híbrido.

3.3 Comparação entre modelos de ADD em um jogo do gênero plataforma/*shooter*

Lopes e Soares Junior [5] conduzem uma análise comparativa entre modelos de ADD em um jogo do gênero Plataforma/*Shooter*. Os modelos de ADD que eles implementaram e compararam foram o ADD por Desempenho, que utiliza apenas dados do jogo para ajustar a dificuldade do jogo, e o ADD Híbrido, que utiliza dados do jogo e dados fisiológicos.

O jogo utilizado no estudo se chama *Madway to Heaven*, um jogo do gênero Plataforma 2D que apresenta elementos do gênero *Shooter*. O jogador controla um personagem que pode se movimentar, pular, agachar, deslizar em paredes, rolar para esquivar de perigos (*Dodge Roll*), além de poder atirar e recarregar sua arma. A arma pode ser recarregada manualmente a qualquer momento ou automaticamente ao acabar a munição. Existe um número limitado de munição por recarga mas o número de recargas é infinito. Demora-se um tempo para se recarregar a arma uma vez que a munição acaba. O objetivo de cada nível é derrotar os inimigos presentes na sala e chegar até o final dela. Para se derrotar os inimigos deve-se atirar neles. A mira do tiro é controlada pelo analógico direito do controle de *Playstation 4* utilizado. A Figura 3.3 mostra uma cena de um nível do jogo no qual podemos ver alguns inimigos (humanoides verdes e criatura roxa) e objetos que causam dano (lâminas de quatro pontas).

Para fazer o ADD, primeiramente foi preciso descobrir quais elementos do jogo estavam relacionados à dificuldade do jogo. Foram feitos questionários com os jogadores para descobrir os elementos que mais influenciam na dificuldade. Descobriu-se que esses elementos são inimigos e objetos que causam dano, então usou-se esses elementos para ajustar a dificuldade, aumentando ou diminuindo a quantidade deles. Também foi verificado que quanto maior a densidade de inimigos, mais difícil é o jogo. Foi criada uma variável de dificuldade que varia no intervalo de 2,3 a 8,3 e se relaciona a variáveis do jogo como a densidade de inimigos.

Depois foi analisado o desempenho dos jogadores com o intuito de poder estimá-lo apenas utilizando dados do jogo (dados de desempenho). Para isso tentou-se encontrar

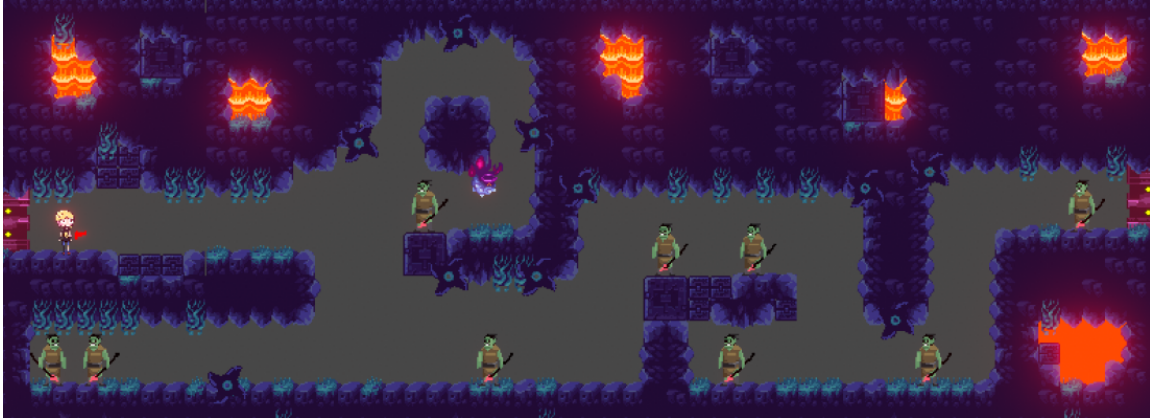


Figura 3.3: Cena do jogo Plataforma 2D/*Shooter Madway to Heaven* (Fonte: [5]).

índices que fossem diferentes entre jogadores habilidosos e não habilidosos. Considerou-se jogadores habilidosos os jogadores que conseguiram vencer todos os níveis e não habilidosos os que não conseguiram passar em algum nível. Notou-se que jogadores mais habilidosos, utilizaram mais recargas manuais do que automáticas, uma vez que ao recarregar a arma manualmente, os jogadores podem antecipar-se para combater os inimigos. Do mesmo modo foi averiguado que jogadores habilidosos acertavam mais tiros em inimigos do que erravam e utilizam mais *dodge rolls* do que jogadores não habilidosos. Foi utilizado para calcular o desempenho do jogador (variando de 0 a 1) o percentual de tiros acertados, o percentual de recarga manual da arma, o percentual de vida restante e o percentual de inimigos derrotados no nível, sendo os dois últimos com pesos maiores. O desempenho do jogador foi classificado da seguinte maneira:

- Desempenho Baixo / Baixíssimo = 0 a 0,275
- Desempenho Médio = 0,275 a 0,725
- Desempenho Alto / Altíssimo = 0,725 a 1

Para fazer o ADD Híbrido os autores também precisaram estimar o nível de excitação do jogador (variando de 0 a 1). Para isso foram utilizados os dados da atividade eletrodérmica (EDA) coletados dos jogadores. Os autores não entram em detalhes em como esses dados foram transformados em valores entre 0 e 1, mas uma vez encontrado esses valores eles são classificados da seguinte forma:

- Excitação Baixa = 0 a 0,33
- Excitação Média = 0,33 a 0,66
- Excitação Alta = 0,66 a 1

Tabela 3.1: Ajuste no nível de dificuldade, em uma escala de 2.3 a 8.3, na proposta do ADD por Desempenho utilizando o desempenho do jogador.

Desempenho Baixo/Baixíssimo	-0,5
Desempenho Médio	0
Desempenho Alto/Altíssimo	+0,5

Tabela 3.2: Ajuste no nível de dificuldade, em uma escala de 2.3 a 8.3, na proposta do ADD Híbrido utilizando o desempenho do jogador e a sua excitação.

	Excitação Baixa	Excitação Média	Excitação Alta
Des. Baixo/Baixíssimo	-0,5	-0,5	-1
Desempenho Médio	0	0	0
Des. Alto/Altíssimo	+1	0,5	0

Com as variáveis representando o nível de dificuldade atual do nível, o nível do desempenho do jogador e o nível de excitação do jogador, os autores propõe um ADD por desempenho e um ADD Híbrido. No ADD por desempenho caso o desempenho seja baixo ou baixíssimo, há uma diminuição da dificuldade em 0,5. Por outro lado, se o desempenho for alto ou altíssimo, há um acréscimo na dificuldade em 0,5, e se o desempenho for médio, não há alteração na dificuldade conforme na tabela Tabela 3.1. O ADD Híbrido segue uma lógica similar mas além dos dados do desempenho também utiliza a excitação conforme é mostrado na tabela Tabela 3.2. Os autores também criaram a regra que quando um jogador morre a dificuldade só pode ser mantida ou baixada e quando um jogador avança o nível a dificuldade só pode ser mantida ou aumentada.

Após a elaboração do ADD por desempenho e do ADD Híbrido, foram feitos testes para comparar a eficiência deles entre si e entre um jogo sem ADD. Nesses testes foram colocados grupos de pessoas distintas para jogar as três modalidades de jogos e responder um questionário. Os autores chegaram às seguintes conclusões:

- Houve um aumento na percepção de desempenho dos próprios jogadores nos modelos com ADD (3,8 no ADD Híbrido, 3,59 no ADD por Desempenho e 3,1 sem ADD);
- O ADD Híbrido possibilitou uma maior imersão no jogo, seguido do ADD por Desempenho e depois o jogo sem ADD;
- O ADD Híbrido foi menos desafiador e menos difícil do que o ADD por desempenho;
- O ADD Híbrido proporcionou aos jogadores níveis, em sua maioria, mais divertidos, menos entediantes e menos frustrantes do que o ADD por desempenho;
- Os jogadores gastaram em média aproximadamente 14 minutos para concluir o jogo com ADD Híbrido, 15 minutos para concluir o jogo com ADD por Desempenho e 26 minutos para concluir o jogo sem ADD.

3.4 Uso de sensores no ajuste dinâmico de dificuldade híbrido em jogos

A investigação conduzida no presente trabalho é uma continuação do estudo realizado por Natal [6], portanto, a seguir, são revisadas a metodologia e as conclusões inferidas pelo autor.

O objetivo de Natal foi investigar os elementos de um jogo *space shooter* 2D que podem levar um jogador para o estado de fluxo utilizando Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD) com dados do desempenho do jogador e dados fisiológicos (EDA). O autor chama esse modelo de ADD Híbrido.

O jogo utilizado no trabalho é uma adaptação do jogo *Asteroids: in the 2nd and 1/2th dimension*², no qual o jogador controla uma nave que pode atirar mísseis que destroem asteroides, cujo objetivo é cruzar um campo repleto de asteroides (Figura 3.4).

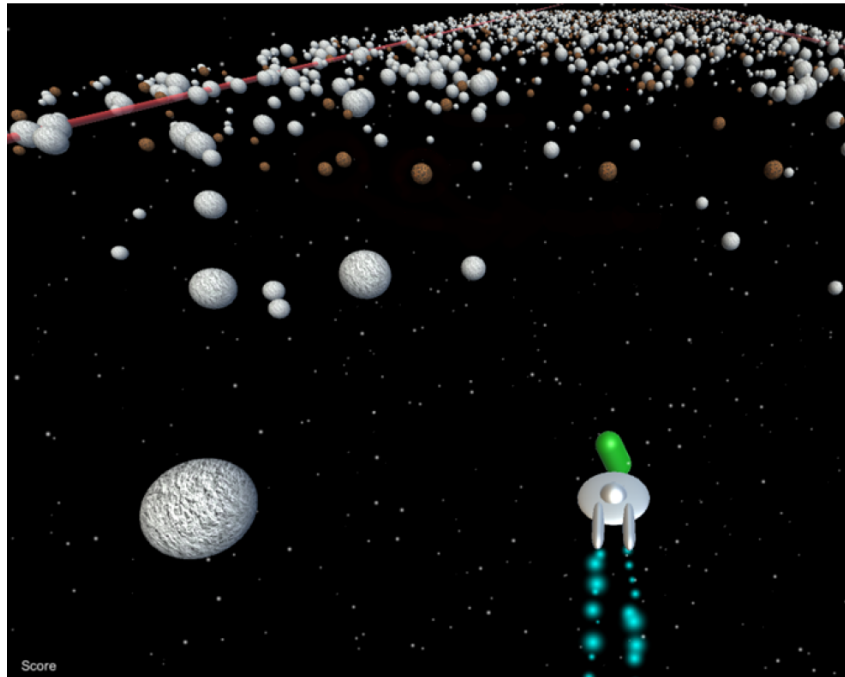


Figura 3.4: Cena do jogo *Asteroids* do gênero *space shooter* (Adaptado de: [6]).

Primeiramente, o trabalho se propõe a verificar qual elemento está mais relacionado à percepção de dificuldade dos jogadores. O autor realizou testes com diferentes versões do jogo alterando a velocidade e a densidade dos asteroides. Após esta etapa concluiu-se que a velocidade tem maior correlação com a dificuldade.

²<https://github.com/matthewrenze/asteroids>

Para fazer o ADD Afetivo, Natal utilizou dados fisiológicos adquiridos dos jogadores (EDA e ECG). Primeiramente o autor verificou o valor médio dos sinais adquiridos em um nível. Esse valor médio, teoricamente, funciona como uma linha de base que representa o estado emocional normal do jogador, no qual ele deveria estar. Se nesse intervalo de tempo forem adquiridos mais valores (em quantidade) acima dessa linha de base, é inferido que o jogador está frustrado. Se forem adquiridos mais valores abaixo dessa média é inferido que o jogador está entediado. Se forem adquiridos exatamente a mesma quantidade de valores acima e abaixo da linha, infere-se que o jogador está no estado normal.

Para fazer o ADD de desempenho, o autor utiliza o número de mortes em uma fase como estimativa do desempenho:

Desempenho baixo: Se houve mais de cinco mortes;

Desempenho médio: Se houve entre duas e cinco mortes;

Desempenho alto: Se houve menos de duas mortes.

Após analisar o trabalho de Natal, constatamos as seguintes lacunas na abordagem por ele proposta:

- Não se faz distinção de valência. Por exemplo, se o sinal da EDA estiver baixo o jogador pode estar entediado mas também pode estar relaxado, e se a EDA estiver alto o jogador pode estar frustrado mas também pode estar animado. A Seção 2.2.2 aborda em mais detalhes esse problema.
- Não é levado em consideração o estado atual do jogador. Por exemplo, um jogador passou 80% do nível em um estado tranquilo, onde está a sua linha de base real, e nos últimos 20% do nível ele se frustra com o jogo e seu nível de EDA sobe. Se nesses 80% iniciais o seu EDA for de $1\mu S$ e nos 20% finais a EDA for de $2\mu S$, a média vai ser de $1,2\mu S$ e esse será o valor da linha de base utilizada, ao invés de $1\mu S$ que é o valor da linha de base real desse exemplo. Então mesmo que o jogador esteja frustrado no final, como existem mais valores da EDA abaixo de $1,2\mu S$, será inferido que o jogador está entediado e o jogo será dificultado (mesmo com o jogador frustrado no momento do ajuste).
- A média dos sinais fisiológicos adquiridos em uma janela de tempo não representa necessariamente uma linha de base do jogador. Por exemplo, um jogador pode ter ficado frustrado durante um nível inteiro. Se obtermos uma média dos valores da EDA nesse nível, vamos obter um valor de EDA que o jogador normalmente possui ao estar frustrado, e não um valor que deveríamos tentar nos aproximar.

- O jogador praticamente nunca estará no estado normal, já que para isso acontecer a quantidade de valores de EDA coletados acima da linha de base deve ser exatamente igual ao número de valores coletados abaixo da linha de base. Essa é uma situação muito rara de acontecer já que em cada nível são coletados centenas de valores de EDA.
- Não é especificado como o limiar de mortes que é utilizado para determinar os diferentes desempenhos foi encontrado.

Para realizar os testes que comparam a eficácia dos ADDs, foi implementado uma versão do ADD por Desempenho e outra do ADD Híbrido. No ADD Híbrido o estado emocional do jogador prevalece sobre o desempenho, ou seja, independente de quantas vezes o jogador morreu no nível, se o estado emocional é de tédio, a dificuldade é aumentada. O ajuste de dificuldade é feito em dois momentos do jogo, quando o jogador passa de fase e quando o jogador morre.

Foi concluído na análise dos testes que o ADD por Desempenho desse trabalho obteve um resultado melhor do que o ADD Híbrido para se adaptar o desafio do jogo adequadamente aos jogadores. Uma explicação para esse fato pode ter sido em decorrência do ADD Afetivo possuir algumas deficiências, como relatado acima, já que a parte do ADD Afetivo é o que diferencia os dois algoritmos. Além do fato do ADD Híbrido utilizar o ADD Afetivo em prioridade ao ADD por Desempenho.

Capítulo 4

Avaliação do Jogo sem ADD

Nesse capítulo é investigado o comportamento dos jogadores a partir de uma primeira bateria de testes sem a utilização de ajuste dinâmico de dificuldade. Mais precisamente, pretende-se analisar como diferentes variáveis se comportam para diferentes jogadores no jogo estudado, sem ADD. A finalidade desta etapa é fornecer subsídios para nortear as escolhas a serem feitas para a implementação dos ADDs Afetivo e baseado em Desempenho.

Na Seção 4.1 são mostrados dados sociodemográficos a respeito dos voluntários dos testes, na Seção 4.2 são explicados os instrumentos utilizados para realizar os testes do presente trabalho (o jogo utilizado, os questionários aplicados e os dados coletados), na Seção 4.3 é apresentado o roteiro do experimento realizado com o jogo sem ADD e por fim na Seção 4.4 os dados obtidos no teste do jogo sem ADD são analisados. A Seção 4.4 pode ser dividida em quatro partes: análise individual dos jogadores para se encontrar relações entre os dados de percepção, os dados de desempenho e os dados fisiológicos coletados (4.4.1); separação dos jogadores em grupos de jogadores casuais e dedicados de acordo com seu desempenho (4.4.2); análise da correlação entre diferentes dados do jogo (4.4.3); investigação da diversão dos jogadores em relação ao número de mortes e duração no jogo (4.4.4).

4.1 Participantes

A primeira bateria de testes descrita nessa capítulo foi realizada com 18 participantes. Algumas características dos participantes são listadas a seguir:

- Os voluntários têm em média 20,9 anos com desvio padrão de 3,5.
- 83,3% dos voluntários se identificam como do gênero masculino e 16,7% como do feminino

- Todos os voluntários disseram já ter tido contato com jogos digitais e que esse contato se deu pela primeira vez com idades entre 3 e 13 anos (média 7,7 e desvio padrão de 3,2)
- 66,7% dos voluntários disseram estar já estarem familiarizados com o jogo que jogaram durante o teste antes de terem jogado ele e 33,3% disseram não estar familiarizado
- 66,7% dos jogadores disseram que ao jogar geralmente exploram todo o cenário do jogo e 33,3% disse que geralmente cumprem diretamente o objetivo.
- Para a pergunta "Quando você tem que escolher o nível de um jogo que você vai jogar pela primeira vez, qual você normalmente escolhe?" 11,1% dos voluntários respondeu "Fácil", 72,2% respondeu "Médio" e 16,7% respondeu "Difícil".

4.2 Instrumentos

Nessa seção são explicados os instrumentos utilizados para realizar os testes do presente trabalho. A Seção 4.2.1 fala um pouco do jogo utilizado, a Seção 4.2.2 fala dos questionários aplicados e a Seção 4.2.3 dos dados coletados.

4.2.1 O jogo utilizado

O jogo utilizado no trabalho¹, chamado aqui de *Asteroids*, é uma adaptação do jogo utilizado por Natal [6] o qual, por sua vez, é uma adaptação do jogo *Asteroids: in the 2nd and 1/2th dimension*² criado por Matthew Renze. O jogo foi adaptado para ter 10 níveis diferentes, para possibilitar alterações na dificuldade bem como a realização de perguntas para os jogadores entre os níveis. O jogo foi feito de modo a ter uma duração média de 10 a 15 minutos para não tomar muito tempo dos voluntários.

Como já dito, o jogo tem 10 níveis e a dificuldade é incrementada a cada vez que um nível é concluído. O objetivo de cada nível é cruzar uma linha de chegada que fica localizada ao norte de onde o jogador começa o jogo. Para chegar na linha de chegada o jogador deve cruzar um campo de asteroides sem colidir com eles. O jogador também pode atirar nos asteroides para destruí-los. A distância que falta para se chegar na linha de chegada é mostrada no canto inferior direito da tela como pode ser visto na Figura 4.1. O jogador começa o nível próximo a um item que dá a nave um escudo. Com o escudo o jogador pode colidir com um asteroide sem morrer. Colidindo em um asteroide com o

¹<https://github.com/matheusvieirao/asteroids>

²<https://github.com/matthewrenze/asteroids>

escudo se perde o escudo e colidindo sem o escudo o jogador morre e volta para o início do nível.

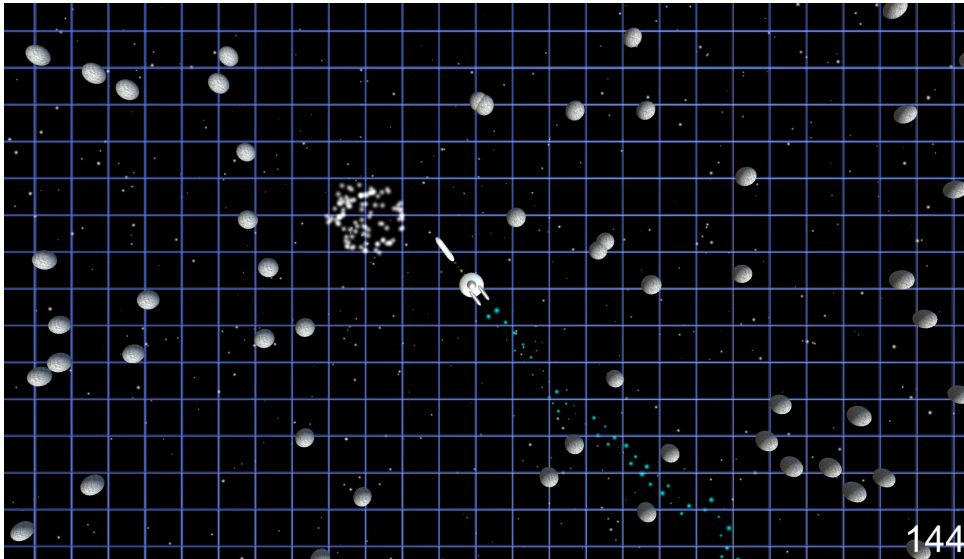


Figura 4.1: Cena do jogo *Asteroids* adaptado para esse estudo.

Uma alteração visual feita em relação a versão de referência do jogo foi a disposição de uma malha quadriculada como podemos ver em azul na Figura 4.1. Nas versões do jogo sem a malha, muitos jogadores reclamaram de tontura nos níveis em que os asteroides são mais rápidos. A nave que o jogador controla no jogo não se move na tela, ela está sempre localizada ao centro e o que dá a sensação de movimento é o deslocamento dos outros itens além dela. Como as estrelas estão muito distantes do jogador, os únicos itens que aparentavam se mover na tela eram os asteroides. Nos níveis em que os asteroides possuem baixa velocidade, eles conseguem ser bons pontos de referência para o movimento do jogador, mas nos níveis em que a velocidade é alta, fica difícil de conseguir utilizá-los como referência. A malha foi então colocada para ser esse ponto de referência estático.

Escolheu-se esse jogo para essa pesquisa por que é um jogo simples, as regras podem ser facilmente explicadas, o objetivo é claro e a dificuldade do jogo depende de variáveis simples (como a velocidade dos asteroides). É mais difícil de analisar um jogo em que a dificuldade enfrentada pelo jogador está relacionada com o design da fase ou a habilidade de resolução de problemas, já que nesses casos existe maior variação entre os motivos pelos quais um jogador pode ter achado o jogo difícil.

A dificuldade no jogo

Para alterar a dificuldade entre os níveis, apenas a velocidade dos asteroides foi utilizada. Foi tomada essa decisão porque no trabalho de Natal [6] foi concluído que a velocidade dos

asteroides têm maior relação com a dificuldade percebida pelo jogador do que a densidade de asteroides. Cada asteroide criado recebe um valor de velocidade aleatório dentro de uma janela com um valor mínimo e máximo. A velocidade é alterada linearmente a cada nível: no nível 1 as velocidades têm valor entre 1 e 2, no nível 2 as velocidades têm valor entre 2 e 3 e assim sucessivamente até o nível 10 no qual as velocidades dos asteroides variam entre 10 e 11. O número de asteroides e o tamanho dos asteroides se mantêm constantes entre níveis.

Dentro de um mesmo nível o tamanho dos asteroides também não varia muito entre si. Foi feita essa escolha para tentar uniformizar as experiências dos jogadores o quanto possível. Alguns jogadores, por exemplo, podem achar mais difíceis níveis com asteroides grandes por eles terem uma maior área de colisão (podendo haver mais colisões com a nave) e outros jogadores podem achar que essa maior área de colisão facilita o jogo porque passa a ser mais fácil de se acertar os tiros nos asteroides.

Alguns elementos do jogo original, como asteroides indestrutíveis e asteroides que se explodem ao se atirar neles, foram retirados da versão do jogo utilizada neste trabalho. Essas mudanças também foram feitas a fim de deixar as experiências mais homogêneas possíveis. Jogadores dedicados conseguem inferir e aprender regras novas com mais facilidade do que casuais, já que algumas dessas regras podem ser similares as de algum jogo anterior que eles já tenham jogado. Por exemplo, se um jogador atira em um asteroide vermelho e ele escuta um som de explosão, ele provavelmente não vai se aproximar da explosão por já ter jogado algum jogo em que as explosões causam dano ao personagem controlado no jogo. Porém, essa conclusão pode não ser inferida por um jogador casual que nunca tenha passado por essa situação antes.

O motor de jogo *Unity3D*

Um motor de jogo (do inglês, *game engine*) é um programa de computador que cria abstrações para simplificar no desenvolvimento de jogos eletrônicos. Nesse trabalho foi utilizado para a implementação do jogo *Asteroids* o motor de jogos *Unity3D*. O *Unity3D* possui uma interface que facilita a criação de componentes do jogo e esses componentes podem ser personalizados utilizando a linguagem de programação C#.

A Figura 4.2 mostra uma captura de tela do motor de jogo utilizada para adaptar o jogo *Asteroids*.

4.2.2 Questionários Aplicados

Foram aplicados três questionários durante a pesquisa: um antes, um durante e um após o jogo.

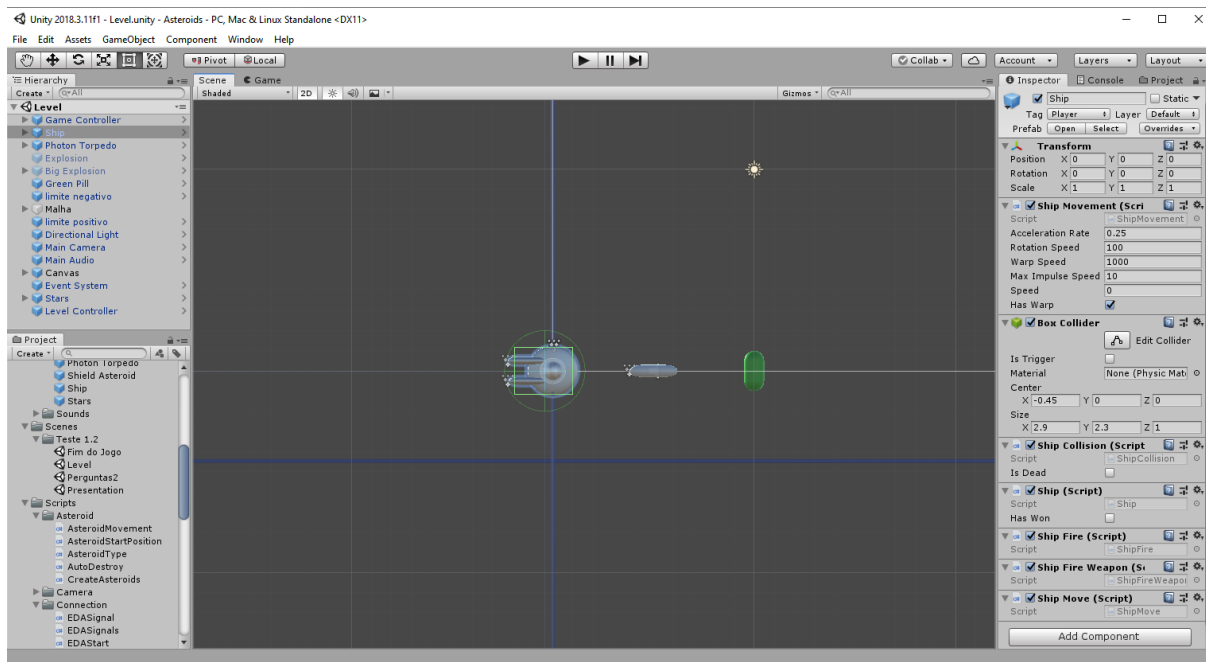


Figura 4.2: Captura de tela da interface do motor de jogo *Unity3D*.

O questionário antes do jogo tem o objetivo de conhecer o jogador para auxiliar nas análises feitas na Seção 4.4 e no Capítulo 6. São perguntados basicamente dados sociodemográficos e dados sobre a experiência do jogador com jogos. Para realizar o questionário foi utilizado Formulários Google por sua simples implementação e intuitiva interface.

O segundo questionário é respondido pelo jogador após ele vencer cada um dos dez níveis. Foi elaborado um questionário pequeno e fácil de responder já que cada jogador responde ele dez vezes por sessão de teste. Esse questionário foi implementado dentro do jogo para evitar que o jogador saia de um possível estado de imersão. As perguntas feitas no questionário têm o intuito de descobrir a percepção psicológica do jogador a respeito do nível jogado; por isso, no presente trabalho, chamamos os dados coletados nesse questionário de *dados de percepção*. Os dados de percepção coletados foram utilizados para auxiliar na criação dos algoritmos de ADD como será explicado no Capítulo 5. A Figura 4.3 mostra uma imagem do questionário aplicado. Alguns jogadores se mostraram confusos ao responder a ultima pergunta e talvez se elas seguissem a mesma lógica das duas perguntas de cima, trocando "muito chato" por "não divertido", essa confusão poderia ser evitada.

Por fim, o terceiro questionário, também criado utilizando o Google Formulários, é aplicado após o jogador concluir os dez níveis do jogo. Nesse questionário são feitas perguntas referentes ao que o jogador achou do jogo e essas perguntas são utilizadas para podermos comparar futuramente os diferentes modelos de ADD implementados e

De 1 a 10, quão difícil foi esse nível?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

De 1 a 5, você achou esse nível:

Não Tediado 1 2 3 4 5 Muito Tediado

Não Frustrante 1 2 3 4 5 Muito Frustrante

Muito Chato 1 2 3 4 5 Muito Divertido

Opinião opcional...

Figura 4.3: Cena do questionário feito no jogo *Asteroids* após a conclusão de cada um dos dez níveis para coletar os dados de percepção dos jogadores.

também verificar se o jogador entrou em estado de fluxo. O estado de fluxo é utilizado para verificarmos se houve imersão do jogador no jogo (Seção 2.3).

4.2.3 Dados coletados

Diferentes dados foram coletados durante os testes. Os dados coletados foram separados em quatro tipos: dados de questionário, dados de desempenho, dados de percepção e dados fisiológicos.

Dados de Questionário

São os dados colhidos nos questionários antes e após a realização do jogo. São dados sociodemográficos, dados sobre a experiência dos jogadores com jogos em geral e dados sobre a experiência do jogador com o jogo apresentado. Esses dados são úteis para encontrar o motivo de possíveis resultados discrepantes. Por exemplo, um jogador pode ter ido muito pior do que todos os outros jogadores por ser muito novo ou por nunca ter jogado um jogo de computador anteriormente. Esses dados também foram utilizados para auxiliar na distinção entre jogadores casuais e dedicados e para comparar a eficiência de diferentes implementações de ADD.

Dados de desempenho

Dados de desempenho são dados gerados pelo jogo implementado que dizem respeito ao desempenho do jogador. Em outras palavras, esses dados mostram as variáveis de um nível e as diferentes escolhas feitas pelos jogadores em cada nível. O número e a velocidade dos asteroides não podem ser alteradas pelo jogador mas elas são englobadas aqui já que a mudança delas também altera o desempenho do jogador.

Esses dados são salvos em uma parte do programa que é criada ao inicializar o jogo e só é destruída ao final da partida, após os dados contidos nela serem salvos em um arquivo texto no formato JSON.

Os dados coletados, referentes a um único nível, são descritos abaixo:

Número de asteroides: mesmo não variando entre os níveis esse dado é salvo para explicitar essa não mudança.

Velocidade mínima dos asteroides: os asteroides são gerados com uma velocidade aleatória dentro de uma janela. Aqui guardamos o valor mínimo dessa janela. Esse é o valor que usamos quando referimos à velocidade dos asteroides de um nível usando um só número (em vez de usar o valor mínimo e máximo da janela).

Velocidade máxima dos asteroides: Valor máximo da janela descrita acima.

Tempo inicial: tempo em que se inicia o nível³.

Tempo final: tempo que se termina o nível.

Duração: duração do nível em segundos.

Tempo por Vida: tempo médio de cada vida do jogador em um nível. Por exemplo, se um jogador permaneceu em um nível durante 30 segundos e ele morreu 2 vezes, o tempo médio dele, por vida, foi de 10 segundos.

Concluiu o nível: se o jogador conseguiu atravessar a linha de chegada e concluir o nível. O jogador pode, por exemplo, desistir e pular de nível.

Mortes: uma lista com o momento de cada morte durante o nível.

Tiros: uma lista com o momento de cada míssil disparado durante o nível.

Apertou up/down/left/right: quatro listas com cada momento que o jogador aperta cada uma dessas teclas.

³Os dados de data e hora originalmente são manipulados no *Unity3D* em *.NET Ticks*, mas para facilitar a manipulação deles posteriormente ao elaborar os gráficos utilizando *Python*, eles são convertidos para *Unix Timestamp*.

Soltou up/down/left/right: quatro listas com cada momento que o jogador solta cada uma dessas teclas.

Percentual up/down/left/right: percentual de tempo que o jogador mantém uma dessas teclas apertadas em relação ao tempo total do nível. Por exemplo, se o percentual para a tecla up for de 90% e o nível tiver durado 100 segundos, significa que o jogador passou 90 segundos apertando a tecla up (ou seja, acelerando).

Dados de percepção

Os dados de percepção são os dados coletados no questionário mostrado na Figura 4.3. Esses dados também foram coletados dentro do jogo assim como os dados de desempenho descritos acima em 4.2.3. O que os diferenciam dos dados de desempenho é que os dados de percepção não são retirados do jogo em si, eles são referentes à percepção dos jogadores em relação ao nível que acabou de ser jogado, o quanto eles acharam o nível difícil, divertido, frustrante ou tedioso.

Como esses dados e os dados de questionário vistos na Seção 4.2.3 são advindos dos questionários aplicados aos jogadores, ambos poderiam ter sido considerados como sendo apenas dados de questionário, mas preferiu-se fazer essa divisão já que os dados aqui citados foram mais utilizados para estimar os estados emocionais dos jogadores como será explicado na análise de dados (Seção 4.4) e os dados de questionário foram mais utilizados para fazer análises estatísticas apresentadas no Capítulo 6.

Os dados de percepção são importantes para tentar analisar o comportamento dos jogadores e estimar o estado emocional deles, o qual, como visto na Seção 2.2, é um importante fator de um jogo.

Contudo, é relevante destacar que existem alguns problemas nessa abordagem:

- Não necessariamente o que o jogador diz estar sentido é o que ele está de fato sentindo. As pessoas podem interpretar os sentimentos diferentemente umas das outras.
- Para algumas pessoas o valor de frustração 3 (com valor máximo 5) indica uma alta frustração mas para outros jogadores esse mesmo valor pode indicar uma frustração média.

Por isso uma análise subjetiva de cada caso pode ser útil para um melhor entendimento dos resultados de cada jogador.

Coleta dos Dados fisiológicos

Nesse trabalho o único dado fisiológico utilizado para a implementação do ADD foi a atividade eletrodérmica (EDA) dos jogadores. A EDA está diretamente relacionada com a excitação do jogador. Mais informações sobre a atividade eletrodérmica podem ser encontradas na Seção 2.2.2.

Para coletar os dados da EDA em tempo real (ao mesmo tempo que o jogador joga o jogo) foi utilizada a pulseira E4 Wristband. Este equipamento tem a vantagem de ser menos invasivo ao usuário se comparado ao uso de eletrodos. A pulseira não apresenta o problema dos eletrodos não aderirem bem a pele quando na presença de suor, como relatado no trabalho de Natal [6]. Uma imagem da pulseira pode ser observada na Figura 4.4. A pulseira E4 possui os seguintes sensores:



Figura 4.4: Pulseira E4 Wristband utilizada para adquirir dados fisiológicos em tempo real.

Sensor de Fotopletismografia (PPG): mede o pulso de volume de sangue;

Sensor de Vibração: acelerômetro de 3 eixos que mede o movimento realizado pela pulseira nos eixos x, y e z;

Sensor de Condutância Elétrica: mede a condutância elétrica em Siemens (S). Neste trabalho foi utilizado este sensor para medir as mudanças nas propriedades elétricas da pele, chamada de atividade eletrodérmica (EDA). Mais detalhes estão na Seção 2.2.2;

Sensor de Temperatura: mede a temperatura da pele utilizando termopilha infravermelho.

O manual da E4 Wristband [7] recomenda colocar a pulseira de uma maneira firme, em que ela não se movimenta no braço do usuário, mas sem apertar muito. A Figura 4.5 mostra como a pulseira deve ser colocada no pulso para melhor aquisição dos sinais.

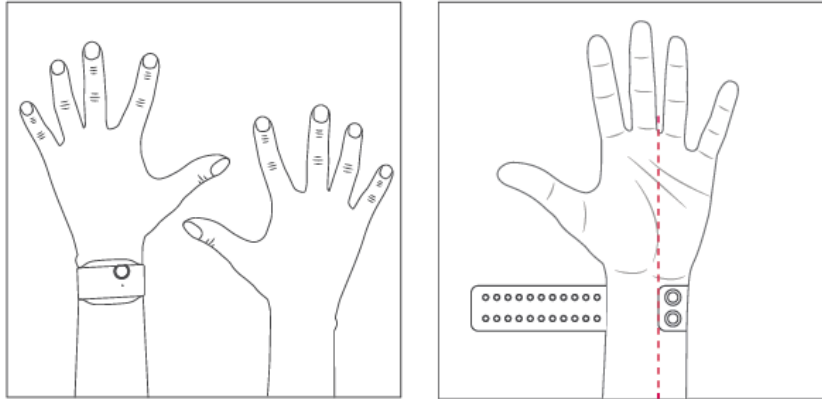


Figura 4.5: Como colocar a pulseira E4 Wristband segundo o manual (Fonte: [7]) .

O entendimento sobre qual braço utilizar para medir os sinais varia de acordo com o estudo. O manual relata que alguns estudos concluem que ao se utilizar a pulseira na mão dominante (se destro, a direita) pode ser ruim já que a mão se movimenta mais do que a não-dominante e esse movimento pode interferir na na aquisição do sinal. Outros estudos evidenciam que o sinal EDA adquirido na mão dominante pode ser mais forte. Nesse estudo optou-se utilizar a mão dominante uma vez que deseja-se medir justamente a excitação do usuário advinda da EDA.

Além desses dados também foi coletada a gravação da tela do jogador e vídeos das expressões faciais dos voluntários (quando autorizados) caso se necessitasse de fazer alguma outra análise que envolvesse esses dados ou para realizar futuros trabalhos.

4.3 Procedimentos

Para padronizar a experiência de todos os voluntários dos testes, foi escolhido realizar os testes em salas que possuíssem ar condicionado para que o calor não interferisse na concentração dos usuários e nem na aquisição dos sinais fisiológicos (já que estes estão diretamente relacionados ao suor do jogador).

Além disso, foi criado um roteiro a ser seguido durante a condução do experimento com cada voluntário. Os passos deste roteiro são descritos abaixo:

1. Informar que o teste tem duração de 15 minutos, em média, e para realizar ele basta jogar um jogo e responder algumas perguntas;

2. Explicar que vamos coletar dados do jogo, dados de formulário e dados de sinais fisiológicos com uma pulseira que o usuário deverá usar;
3. Explicar que não divulgaremos o nome dos participantes no trabalho;
4. Perguntar se o voluntário concorda em ter o rosto filmado para se analisar as expressões faciais dele, mas que caso não concorde o teste pode continuar sendo feito sem esses dados;
5. Apresentar do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Caso o voluntário tenha concordado em disponibilizar os dados de vídeo mostrar o TCLE que contém esse consentimento. Pedir para o voluntário ler e assinar se concordar. Só continuar o experimento se ele assinar;
6. Explicar que existem 3 diferentes formulários para serem respondidos: um antes do jogo, um durante o jogo entre cada nível e outro ao final do jogo;
7. Explicar que se o usuário achar o jogo chato ele pode dizer isso no formulário sem medo de magoar o desenvolvedor, que isso é uma pesquisa e que é importante a sinceridade;
8. Colocar a pulseira;
9. Pedir para o voluntário responder o primeiro questionário;
10. Abrir o jogo e explicar as regras do jogo na tela inicial. As regras são:
 - (a) O objetivo do jogo é cruzar o campo de asteroides em direção norte sem colidir neles;
 - (b) Nas setas a nave se movimenta e na barra de espaço ela solta mísseis;
 - (c) O item verde no início do nível é um escudo para a nave;
 - (d) No canto inferior direito é mostrada a distancia que falta para se chegar na linha de chegada;
 - (e) O jogo têm dez níveis e no final de cada nível são feitas algumas perguntas referente ao nível que acabou de ser concluído
11. Falar que caso após muitas tentativas em um nível, se ele estiver muito difícil de ser concluído, o voluntário pode solicitar para pular o nível (essa informação é salva nos dados);
12. Explicar que qualquer dúvida que o usuário tiver durante a execução do jogo ela não poderá ser respondida;
13. Rodar um programa para gravar a tela;

14. Gravar vídeo da *webcam* caso usuário tenha concordado em disponibilizar o vídeo de suas expressões;
15. Ligar a pulseira;
16. Marcar um evento na pulseira (a pulseira tem um botão que permite salvar a informação do exato momento que esse botão foi pressionado) e no jogo (ao pressionar as teclas Q+W um evento com esse instante é salvo no jogo e uma imagem é mostrada na tela). Fazemos isso para depois conseguirmos sincronizar os dados de desempenho com os dados fisiológicos com a captura de vídeo do jogo.
17. Se afastar do voluntário para ele poder jogar sem distrações;
18. Ao terminar o jogo marcar outro evento na pulseira e no jogo;
19. Pedir para o voluntário responder o último questionário.

4.4 Análise de Dados

Nessa seção foram feitas análises para encontrar relações entre os dados de percepção, os dados de desempenho e os dados fisiológicos coletados. Na Seção 4.4.1 os dados de cada um dos dezoito jogadores são analisados individualmente e nas outras seções são utilizadas medidas estatísticas como média, desvio padrão e correlação para analisar grupos de jogadores.

4.4.1 Análise dos dados dos jogadores individualmente

Foi analisada a partida de cada jogador individualmente nessa seção. Essa análise é feita inicialmente para se ter um primeiro entendimento de como os dados se comportam para que depois seja possível desenvolver outros métodos de análise que utilizem grupos de jogadores e possam representar melhor um comportamento geral.

O que faz um jogador se divertir, se entediar ou se frustrar em um jogo é uma pergunta que não se tem uma resposta óbvia e geral, então pode ser útil analisar cada caso individualmente no intuito de obter uma resposta ou um direcionamento acerca dessas questões.

Para elaborar os gráficos das Figuras 4.6 e 4.7 foi utilizada a biblioteca `matplotlib`⁴. O eixo horizontal mostra o tempo do início ao fim do jogo. A área cinza representa o momento que o jogador passou durante um nível e a área branca o tempo que o jogador passou respondendo os questionários entre os níveis que coletam os dados de percepção

⁴<https://matplotlib.org/>

(Figura 4.3). A EDA do jogador é medida em microsiemens (μS), ela é representada pela linha azul no gráfico e sua escala está no eixo vertical azul da esquerda. As linhas azuis claras pontilhadas representam o momento da morte do jogador. As demais linhas representam os dados de percepção dos jogadores e a descrição para cada linha se encontra na legenda na própria imagem. No eixo vertical da direita são mostradas as respostas referentes aos dados de percepção (lembrando que a dificuldade varia de 1 a 10 e o tédio, frustração e diversão de 1 a 5).

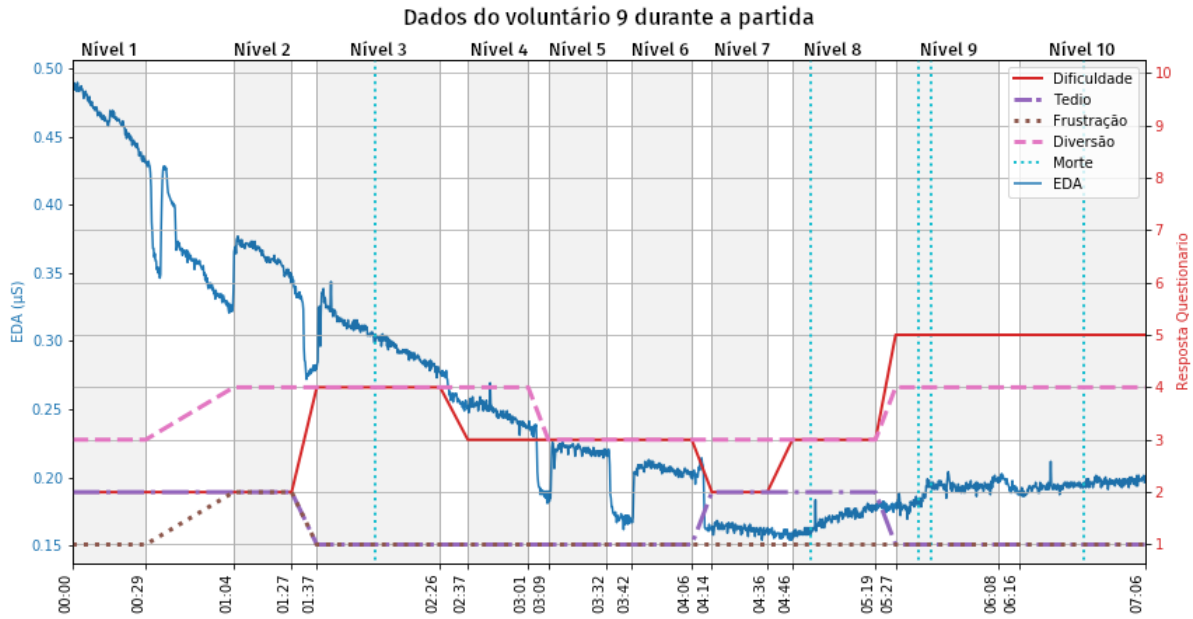


Figura 4.6: Gráfico com vários dados de um jogador dedicado no decorrer de uma partida do jogo *Asteroids*.

O gráfico da Figura 4.6 representa os dados do jogador de número 9. Nele conseguimos ver claramente como os dados da EDA em azul são proporcionais à excitação do jogador como foi visto na Seção 2.2.2. Quando o jogador termina o nível (área cinza) e vai responder os seis primeiros questionários (áreas brancas) pode-se notar uma queda no nível da EDA. Também observa-se que a EDA vai caindo do nível 1 ao nível 7 e é no nível 7 em que ela apresenta o seu menor valor. Nesse nível é justamente quando percebe-se uma queda na dificuldade (linha vermelha) e um aumento no tédio (linha roxa) mostrando que esse nível deve sofrer um ajuste na dificuldade. No nível 9 o jogador morre duas vezes e sua EDA sobe junto com a dificuldade e a diversão, mostrando que a dificuldade desse nível está mais adequada para esse jogador do que a dificuldade dos níveis anteriores.

No gráfico da Figura 4.7 observa-se que o jogador 8 não teve um desempenho tão bom quanto o jogador 9 mostrado na Figura 4.6. Nota-se que seu desempenho foi pior do que o do outro jogador comparando a duração do jogo (16 minutos contra 7 minutos) e o

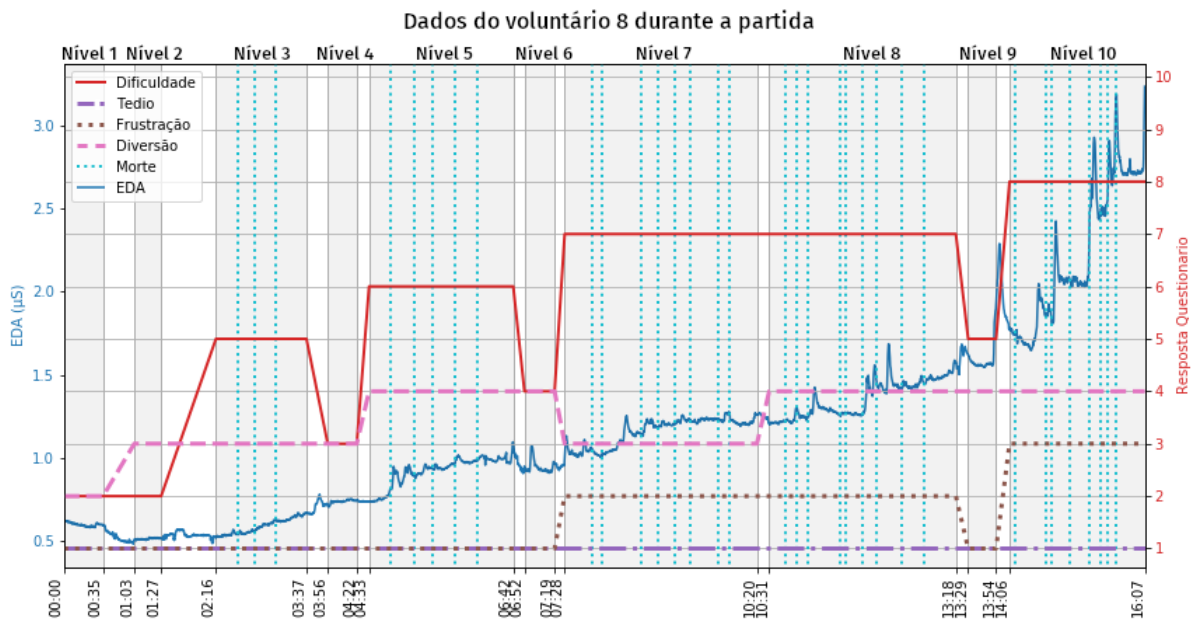


Figura 4.7: Gráfico com vários dados de um jogador casual no decorrer de uma partida do jogo *Asteroids*.

número de mortes representadas pelas linhas pontilhadas verticais em ambos os gráficos. No nível 3 e no nível 5 ocorrem mais mortes do que no nível diretamente anterior e a dificuldade, a diversão e a EDA sobem durante eles. No nível 7 o número de mortes também aumenta, junto com a dificuldade e a EDA mas dessa vez a diversão cai e a frustração sobe. Talvez para esse jogador o número tolerável de mortes seja 5, já que foi o número de mortes que ocorreu no nível 5 quando a frustração era baixa e a diversão alta. É provável que 8 mortes, como acontece no nível 7, já seja demais para esse jogador. Na Seção ?? é abordado mais sobre o nível ideal de mortes dos jogadores. No nível 9 não ocorre nenhuma morte e a dificuldade e a frustração caem, e no nível 10 ocorrem 8 mortes e a dificuldade, frustração e EDA sobem.

Nos gráficos das Figuras 4.8 e 4.9 podemos verificar dois momentos em que mudanças abruptas na atividade eletrodérmica dos jogadores podem ser interpretadas como frustração e tédio respectivamente. Na Figura 4.8, no nível 10, podemos ver que a EDA dá um grande salto após a quarta morte. Nesse nível, o nível de dificuldade percebido sobe de 2 para 8 e a frustração sobe de 1 para 2, além da diversão diminuir do nível 8 de 4 para 3 no nível 10, mostrando evidências da frustração do jogador neste nível. Na Figura 4.9 podemos ver que no nível 7 a EDA cai bruscamente. Também no nível 7 a diversão cai de 3 para 1 e o tédio sobe de 1 para 2. No nível seguinte, a EDA do jogador sobe e também a diversão sobe de 1 para 3 e o tédio cai de 2 para 1. Com isso podemos concluir que no nível 7 o decaimento abrupto da EDA representa um momento de tédio.

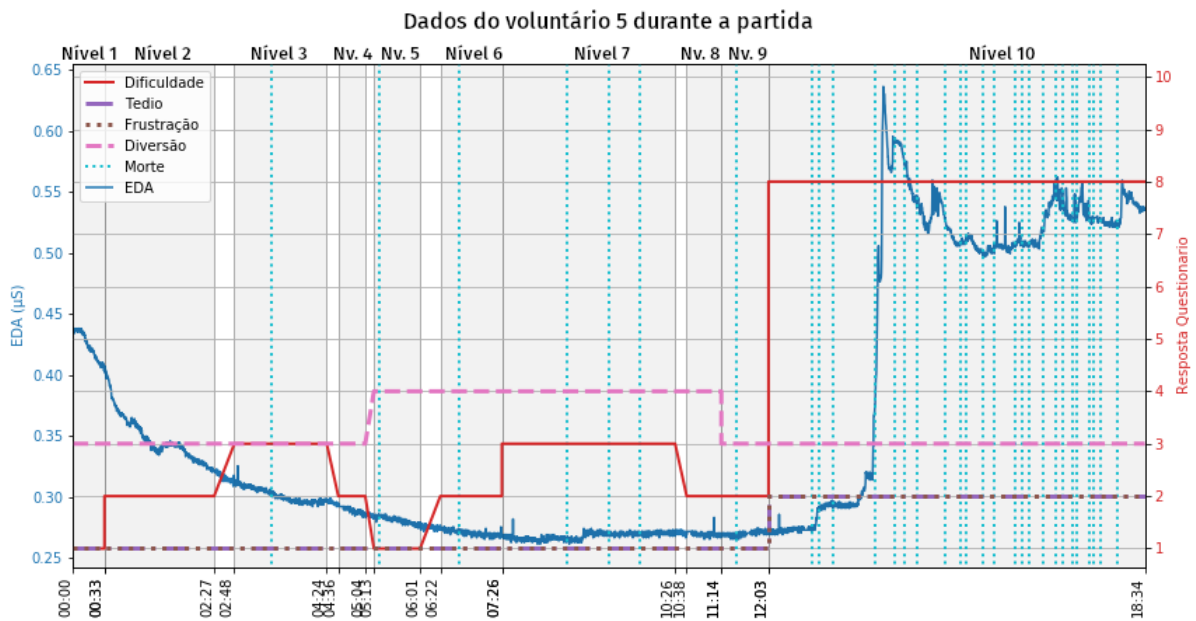


Figura 4.8: Gráfico com vários dados de um jogador casual no decorrer de uma partida do jogo *Asteroids* com mudanças abruptas na EDA no nível 10.

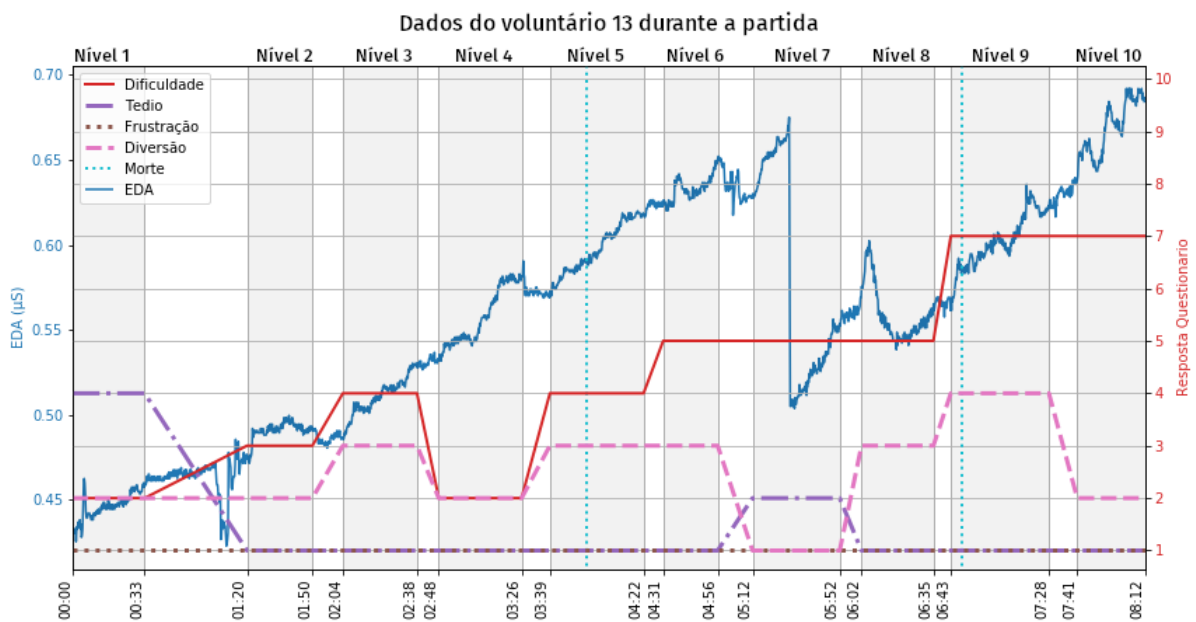


Figura 4.9: Gráfico com vários dados de um jogador dedicado no decorrer de uma partida do jogo *Asteroids* com mudanças abruptas na EDA no nível 7.

4.4.2 Separando jogador casual e jogador dedicado

O objetivo da implementação do ADD é ajustar os desafios propostos no jogo para que eles se adéquem às habilidades de diferentes jogadores como visto na teoria do Fluxo

aplicada a jogos na Seção 2.3.1. O modelo de ADD proposto neste trabalho ajusta os desafios apenas aumentando ou diminuindo a dificuldade do jogo. Assim, levando em consideração a dificuldade do jogo, foi feita a divisão dos jogadores em dois grupos, da seguinte maneira:

Jogador Casual: Jogador com um desempenho inferior ao dos jogadores dedicados. No geral, se divertem mais em jogos mais fáceis.

Jogador Dedicado: Jogador com um desempenho superior ao dos jogadores casuais. No geral, se divertem mais em jogos mais difíceis.

O intuito dessa divisão é poder estudar o comportamento desses diferentes grupos e encontrar relações que auxiliem na confecção dos algoritmos de ADD.

Para fazer a divisão dos jogadores nesses grupos, primeiramente foi feita uma classificação de cada jogador individualmente e depois procurou-se dados do questionário e dados do jogo que justificassem essa divisão. As metodologias utilizadas são explicadas nas seções seguintes.

Analisando os jogadores individualmente

Analisando o gráfico da Figura 4.6 como foi feito na Seção 4.4.1, concluímos que o jogador 9 se divertiria mais se a dificuldade do jogo tivesse sido aumentada, principalmente antes do nível 8. Com isso podemos classificar o jogador 9 como um jogador dedicado. Analisando o gráfico da Figura 4.7, concluímos que o jogador teria se divertido mais ou se frustrado menos se tivéssemos diminuído as dificuldades nos níveis 7, 8 e 10. Com isso podemos classificar o jogador 8 como um jogador casual. Foi feita uma análise similar a essa para todos os 18 voluntários e assim foi feita a primeira divisão entre os jogadores casuais e dedicados.

Uma observação importante é que algumas vezes um mesmo voluntário poderia querer ter a dificuldade aumentada em alguns níveis e diminuída em outros, essa classificação entre jogadores dedicados e casuais foi feita se baseando no comportamento predominante dos voluntários e em relação aos outros jogadores.

Após a primeira classificação de todos os jogadores, buscou-se outros dados que pudessem comprovar a veracidade dela como é mostrado a seguir.

Analisando o questionário

Foi utilizado os dados do questionário para tentar fazer a divisão dos jogadores entre jogadores dedicados e casuais. Entre os 18 voluntários entrevistados, na pergunta: "o quanto você se considera um jogador dedicado em uma escada de 1 a 5" os jogadores que

foram enquadrados como dedicados na seção anterior responderam valores de 3 a 5 (média 3,5 e desvio padrão de 1,18) e os jogadores casuais responderam valores entre 1 e 3 (média de 1,8 e desvio padrão de 1,41). Outra diferença percebida entre os dois grupos foi na pergunta: "Quando você tem que escolher o nível de um jogo que você vai jogar pela primeira vez, qual você normalmente escolhe? Fácil, Médio ou Difícil?". Nenhum jogador dedicado respondeu fácil e nenhum jogador casual respondeu difícil (a maioria em ambos os grupos respondeu médio). Outros dados do questionário mostram algumas diferenças entre os dois grupos mas essas duas perguntas foram as que trouxeram diferenças mais significativas.

Analisando o número de mortes

Para gerar as tabelas nessa seção os dados de desempenho (arquivos JSON que são gerados ao final de cada partida) foram lidos utilizando um programa feito em Python e depois os dados referentes às mortes dos jogadores foram salvos no formato CSV. Para trabalhar com os arquivos CSV utilizou-se o programa LibreOffice Calc. As principais funções utilizadas no LibreOffice Calc foram: "MÉDIA", "DESVPAD" e "CORREL" para calcular a média, o desvio padrão e a correlação respectivamente.

A tabela da Figura 4.10 foi elaborada com o intuito de analisar a quantidade de mortes em cada nível (linha 1, colunas B–K) por cada voluntário (coluna A, linhas 4–21). Os itens verdes representam jogadores casuais e os vermelhos jogadores dedicados. Na linha 23, nas colunas B–K, é calculada a média de mortes de todos voluntários do nível referente à cada coluna. Na linha 24, nas colunas B–K, é calculado o desvio padrão das mortes de todos voluntários do nível referente à cada coluna. Das linhas 25–28, os cálculos são similares aos das linhas 23 e 24, com a diferença que nas linhas 25 e 26 só se leva em consideração os valores verdes, nas linhas 27 e 28 só se leva em consideração os valores vermelhos. Na coluna M é calculada as médias dos valores à esquerda e na coluna N é calculado a correlação desses valores com as velocidades em cada nível (linha 2).

Os valores verdes na Figura 4.10 representam os voluntários pertencentes ao grupo de jogadores casuais e os valores vermelhos representam os voluntários pertencentes ao grupo de jogadores dedicados que foram divididos na Subseção: Analisando os jogadores individualmente. Podemos ver que o jogador dedicado que mais morreu, morreu em média 1,3 vezes (linha 6, coluna M) e que o jogador casual que menos morreu, morreu em média 1,6 vezes (linha 20 coluna M), possibilitando uma divisão desses dois grupos agora também se baseando no número médio de mortes (se morreu em média mais de 1,6 vezes é jogador casual e se morreu em média menos de 1,3 é jogador dedicado). Podemos verificar também que a média de mortes dos jogadores casuais, 4,05 (linha 25, coluna M) é bem maior que a dos jogadores dedicados, 0,78 (linha 27, coluna M), evidenciando um

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Mortes	lv 1	lv 2	lv 3	lv 4	lv 5	lv 6	lv 7	lv 8	lv 9	lv 10			
2	vel. asteroide	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			Correlação
3													Média	com vel.
4	voluntario 1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4		0,5	0,53
5	voluntario 2	0	0	0	0	0	1	0	12	7	0		2	0,49
6	voluntario 3	0	0	0	0	0	3	5	1	3	1		1,3	0,55
7	voluntario 4	0	0	2	0	1	2	2	1	3	23		3,4	0,61
8	voluntario 5	0	0	1	0	1	1	3	0	1	24		3,1	0,56
9	voluntario 6	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2		0,7	0,70
10	voluntario 7	0	0	0	1	2	3	7	2	4	28		4,7	0,67
11	voluntario 8	0	0	3	0	5	0	8	9	0	8		3,3	0,58
12	voluntario 9	0	0	1	0	0	0	0	1	2	1		0,5	0,60
13	voluntario 10	0	0	0	0	0	0	1	2	0	5		0,8	0,66
14	voluntario 11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	9		1	0,56
15	voluntario 12	1	3	0	0	0	22	10	14	13	15		7,8	0,73
16	voluntario 13	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0		0,2	0,26
17	voluntario 14	0	0	1	0	2	3	16	4	3	3		3,2	0,43
18	voluntario 15	0	0	0	2	1	0	2	0	3	4		1,2	0,70
19	voluntario 16	1	0	0	0	2	35	1	31	9	11		9	0,48
20	voluntario 17	0	0	0	0	0	1	3	0	8	4		1,6	0,70
21	voluntario 18	0	0	0	1	0	0	5	0	17	1		2,4	0,48
22														
23	Média	0,11	0,17	0,44	0,22	0,83	4,00	3,50	4,39	4,33	7,94		2,59	0,92
24	Desvio Padrão	0,32	0,71	0,86	0,55	1,29	9,25	4,38	7,91	4,78	8,85		3,89	0,80
25	Média	0,20	0,30	0,70	0,20	1,30	6,80	5,50	7,30	6,50	11,70		4,05	0,91
26	Desvio Padrão	0,42	0,95	1,06	0,42	1,57	11,89	4,88	9,83	5,42	10,31		4,67	0,76
27	Média	0,00	0,00	0,13	0,25	0,25	0,50	1,00	0,75	1,63	3,25		0,78	0,84
28	Desvio Padrão	0,00	0,00	0,35	0,71	0,46	1,07	1,77	0,71	1,60	2,92		0,96	0,86

Figura 4.10: Tabela com dados referentes a quantidade de mortes em cada nível de cada voluntário.

comportamento predominantemente distinto entre os dois grupos e corroborando com a divisão proposta inicialmente.

Analizando a duração do nível

Uma tabela similar a da subseção anterior, que analisou as mortes dos jogadores, foi feita para analisar a duração em segundos que cada voluntário levou para concluir cada nível. A tabela da 4.11 mostra os dados dados coletados. Na coluna M podemos ver que a menor duração média que um jogador casual (representado na cor verde) levou para concluir um nível foi de 57,6 segundos (linha 5 coluna M). Também podemos ver na coluna M que a maior duração média que um jogador dedicado (representado na cor vermelha) levou para concluir um nível foi de 51,4 segundos (linha 18 coluna M). Essa descoberta também permite diferenciar jogadores dedicados de casuais pela sua duração média em cada nível (se mais de 57,6 segundos, casual e se menos de 51,4 segundos,

dedicado). Podemos verificar também que a média da duração por nível dos jogadores casuais, 93,38s (linha 25, coluna M) é bem maior que a dos jogadores dedicados, 40,51 (linha 27, coluna M), evidenciando um comportamento distinto entre os dois grupos e corroborando com a divisão proposta inicialmente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Duração (s)	lv 1	lv 2	lv 3	lv 4	lv 5	lv 6	lv 7	lv 8	lv 9	lv 10			
2	vel. asteroide	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			Correlação
3													Média	com vel.
4	voluntario 1	35	25	30	27	27	33	26	32	33	106		37,4	0,53
5	voluntario 2	35	23	23	24	24	53	27	158	169	40		57,6	0,58
6	voluntario 3	23	22	22	21	22	65	82	47	72	37		41,3	0,64
7	voluntario 4	34	23	82	32	52	51	95	50	60	338		81,7	0,60
8	voluntario 5	33	114	96	28	48	64	180	36	49	391		103,9	0,48
9	voluntario 6	30	64	23	25	22	26	24	41	77	46		37,8	0,31
10	voluntario 7	23	40	26	55	70	91	144	57	66	380		95,2	0,66
11	voluntario 8	35	24	81	26	129	27	172	167	25	121		80,7	0,46
12	voluntario 9	29	23	49	24	23	24	22	33	41	50		31,8	0,38
13	voluntario 10	36	30	50	50	45	28	46	65	24	87		46,1	0,45
14	voluntario 11	23	22	23	23	24	25	24	47	24	196		43,1	0,57
15	voluntario 12	63	119	34	36	49	325	223	197	152	212		141	0,60
16	voluntario 13	33	30	34	38	43	25	40	33	45	31		35,2	0,21
17	voluntario 14	79	97	79	46	70	111	301	66	60	39		94,8	0,03
18	voluntario 15	30	23	22	83	52	33	82	24	95	70		51,4	0,55
19	voluntario 16	110	34	50	31	69	521	38	417	104	117		149,1	0,30
20	voluntario 17	74	43	22	27	30	49	87	33	143	75		58,3	0,47
21	voluntario 18	44	31	26	61	26	30	107	24	303	63		71,5	0,47
22														
23	Média	42,72	43,72	42,89	36,50	45,83	87,83	95,56	84,83	85,67	133,28		69,88	0,88
24	Desvio Padrão	23,52	32,45	25,01	16,56	26,93	128,80	79,85	97,97	70,00	120,50		62,16	0,77
25	Média	53,00	54,80	51,90	36,60	56,70	132,20	137,40	120,50	113,10	177,60		93,38	0,85
26	Desvio Padrão	27,60	39,07	29,49	12,96	30,94	162,08	84,64	121,75	82,60	142,24		73,34	0,73
27	Média	29,88	29,88	31,63	36,38	32,25	32,38	43,25	40,25	51,38	77,88		40,51	0,80
28	Desvio Padrão	4,91	14,18	11,84	21,21	12,30	13,65	25,39	12,77	26,65	54,18		19,71	0,73

Figura 4.11: Tabela com dados referentes a duração dos voluntários em cada nível.

Analizando tempo por vida

Também foi construída uma tabela similar às tabelas 4.10 e 4.11 para se analisar o Tempo por Vida médio de cada jogador em cada nível com o intuito de tentar fazer uma separação dos jogadores dedicados e casuais. Pensou-se que seria possível fazer essa distinção levando em consideração que quanto mais difícil um nível, mais o jogador morre e menor é o seu tempo de vida (podemos ver na tabela 4.12 que tempo por vida é inversamente correlacionado com dificuldade, velocidade dos asteroides e morte com valores de -0,95, -0,95 e -0,85 respectivamente). Mas não foi possível separar os jogadores entre dedicados e casuais usando o tempo médio por vida porque essa relação não é verdadeira para todos os níveis. Nos níveis mais fáceis (do nível 1 ao 5) as médias dos tempos por vida dos jogadores casuais são maiores do que dos jogadores dedicados, mas nos níveis mais difíceis (do nível 6 ao 10) isso se inverte. Isso acontece porque nos níveis mais fáceis,

todos os jogadores morrem pouco mas os casuais demoram mais tempo para concluir o nível; nos níveis mais difíceis todos jogadores morrem mais, mas os jogadores dedicados conseguem sobreviver mais tempo durante os níveis que os casuais.

4.4.3 Correlações entre dados de desempenho e dados de percepção

A tabela da Figura 4.12 têm o objetivo de encontrar correlações entre os dados de desempenho e os dados de percepção coletados. Para isso pegou-se a média dos dados de todos voluntários calculadas para cada nível (linha 23, coluna C–K das Figuras 4.10 e 4.11 por exemplo) e correlacionou-se essas médias entre si. Cada número na tabela diz respeito a correlação entre as variáveis que se encontram na mesma linha e na mesma coluna do número. O valor da correlação varia de -1 a 1, sendo que em -1 os dados são inversamente correlacionados (quanto maior um, menor o outro), em 0 eles não são correlacionados e em 1 eles são diretamente correlacionados (quanto maior um, maior o outro).

	Dific.	Diver.	Frust	Tedio	Vel.	Morte	Duraç	TpV
Dificuldade	1,00	0,84	0,62	-0,82	0,99	0,95	0,92	-0,95
Diversão	0,84	1,00	0,27	-0,81	0,85	0,69	0,59	-0,91
Frustração	0,62	0,27	1,00	-0,37	0,58	0,78	0,74	-0,47
Tédio	-0,82	-0,81	-0,37	1,00	-0,84	-0,71	-0,67	0,86
Velocidade	0,99	0,85	0,58	-0,84	1,00	0,93	0,89	-0,95
Mortes	0,95	0,69	0,78	-0,71	0,93	1,00	0,98	-0,85
Duração	0,92	0,59	0,74	-0,67	0,89	0,98	1,00	-0,80
Tempo por Vida	-0,95	-0,91	-0,47	0,86	-0,95	-0,85	-0,80	1,00

Figura 4.12: Tabela das médias de diferentes dados de cada nível correlacionadas entre si.

Com a tabela da Figura 4.12 foram feitas as seguintes conclusões:

- Quanto maior a velocidade dos asteroides, maior é a dificuldade dos níveis em média (0,99 em amarelo claro). Isso já era esperado já que a velocidade dos asteroides foi a única variável que foi alterada entre os níveis com o intuito de se alterar a dificuldade.
- Em média, quanto maior é o número de mortes, maior é a dificuldade percebida em cada nível (0,95 em amarelo escuro)
- Em média, quanto maior a duração de um nível, maior é a dificuldade (0,92 laranja)
- Em média, quanto menor o tempo por vida, maior é a dificuldade (-0,95 em marrom)
- Em média, quanto maior a velocidade, maior é a diversão (0,85 em vermelho claro)

Tabela 4.1: Correlação das médias (m) ou desvio padrão (dp) de diferentes variáveis por nível entre diferentes grupos de jogadores.

	Todos Jogadores	Casuais	Dedicados
Dificuldade (m) X Morte (m)	0,95	0,94	0,80
Dificuldade (m) X Duração (m)	0,92	0,90	0,75
Dificuldade (m) X Diversão (m)	0,84	0,77	0,92
Dificuldade (m) X Diversão (dp)	0,95	0,95	0,37
Diversão (m) X Velocidade (m)	0,85	0,55	0,70
Diversão (m) X Tempo por vida (m)	-0,91	-0,87	-0,79

- Em média, quanto menor o tempo por vida, maior é a diversão (-0,91 em vermelho escuro)
- Em média, quanto maior o número de mortes, maior é a frustração (0,78 em roxo)
- Em média, quanto menor a velocidade, maior é o tédio (-0,84 em azul claro)
- Em média, quanto maior o tempo por vida, maior é o tédio (0,86 em azul escuro)

Seguindo essa mesma lógica, mas utilizando os grupos de jogadores casuais e jogadores dedicados, obtivemos várias correlações diferentes. Os resultados que mais se destacaram foram selecionados e estão na tabela 4.1. Podemos com esses dados concluir que:

- Quanto mais mortes, maior a percepção de dificuldade dos jogadores, e maior ainda é essa percepção nos jogadores casuais em relação aos dedicados.
- Quanto maior é a duração do nível, maior é a percepção de dificuldade dos jogadores, e maior ainda é essa percepção nos jogadores casuais em relação aos dedicados.
- Os jogadores tendem a achar divertido níveis difíceis. Essa percepção é maior nos jogadores dedicados em relação aos casuais. A mesma relação pode ser vista entre a diversão e a velocidade dos asteroides.
- Quanto mais difícil o nível, mais os jogadores casuais tendem a discordar se acham ele divertido ou não. A percepção entre os jogadores dedicados tende a não variar muito em relação a isso.
- Quanto menor o tempo por vida maior é a percepção de diversão. Não se entrou muito em detalhes na análise do tempo por vida mas como ela foi uma das variáveis que mais se relacionou com diversão, ela foi colocada aqui.

4.4.4 Relação da diversão com dados do jogo

Na Seção 2.2.2 citamos o problema de se distinguir diferentes valências a partir da EDA, então nesse trabalho é de suma importância conseguir estimar a valência do jogador por meio dos dados de desempenho.

No questionário aplicado durante o jogo (Figura 4.3) é perguntado se o jogador achou o nível que ele acabou de jogar chato ou divertido. Utilizamos essa informação para tentar descobrir mais informações a respeito da valência do jogador nesta seção.

Encontrando Limiar de Mortes

Vimos algumas correlações entre os dados de desempenho e os dados de percepção na Figura 4.12. A correlação entre o número médio de mortes por nível e a percepção de diversão por nível é de 0,69. Ou seja, quanto mais mortes, maior é a diversão. Mas sabemos que essa relação não se mantém infinitamente, se por exemplo elevarmos o número de mortes para um valor muito alto em algum momento o jogador não vai achar mais divertido o nível.

Pensando em encontrar esse número ótimo do número de mortes que os jogadores toleram, foi feito as etapas descritas abaixo:

1. Criamos uma variável, que chamaremos aqui de limiar, que varia de 0 (menor número de mortes em obtido um nível) a 35 (maior número de mortes obtido em um nível);
2. Para todos os limiares, foi calculada a diversão média de todos os níveis iguais ou inferiores ao limiar (chamaremos esses resultados de diversão1);
3. Para todos os limiares, foi calculada a diversão média de todos os níveis acima do limiar (chamaremos esses resultados de diversão2);
4. Subtraiu-se a diversão2 da diversão1 e encontrou-se os valores referente todas as diversões antes e depois de cada limiar (chamaremos esse resultado de diferença).

Para facilitar a compreensão, a Figura 4.13 mostra os valores encontrados entre os limiares de 0 a 7 seguindo o algoritmo acima.

Colocando em um gráfico de barras todos os valores das diferenças encontradas, conseguimos ver que existe um limiar claro no qual as diferenças deixam de ser positivas e passam a ser negativas. Esse número passa a ser negativo porque a diversão média experienciada por jogadores que tiveram mais mortes do que esse limiar é menor do que a diversão média dos jogadores que possuíram menos mortes que esse limiar.

Para facilitar o entendimento podemos utilizar o valor quatro como exemplo. Olhando a Figura 4.13, vemos que a diversão média com 4 ou menos mortes (chamada de diversão1)

```

Diversao média com 0 ou menos mortes: 3.32
Diversao média com mais de 0 mortes: 3.77
Diferença: 0.45

Diversao média com 1 ou menos mortes: 3.39
Diversao média com mais de 1 mortes: 3.84
Diferença: 0.45

Diversao média com 2 ou menos mortes: 3.44
Diversao média com mais de 2 mortes: 3.80
Diferença: 0.35

Diversao média com 3 ou menos mortes: 3.51
Diversao média com mais de 3 mortes: 3.59
Diferença: 0.08

Diversao média com 4 ou menos mortes: 3.56
Diversao média com mais de 4 mortes: 3.35
Diferença: -0.21

Diversao média com 5 ou menos mortes: 3.56
Diversao média com mais de 5 mortes: 3.32
Diferença: -0.24

Diversao média com 6 ou menos mortes: 3.56
Diversao média com mais de 6 mortes: 3.32
Diferença: -0.24

Diversao média com 7 ou menos mortes: 3.58
Diversao média com mais de 7 mortes: 3.15
Diferença: -0.43

```

Figura 4.13: Saída do programa feito para encontrar valores que relacionassem todas as diversões antes e depois de todos números de morte.

é 3,56 e é maior que a diversão média com mais de quatro mortes (chamada de diversão2) que é 3,35. Se subtrairmos o valor de diversão2 pelo valor de diversão1 encontraremos um valor negativo e com isso podemos concluir que 4 ou menos mortes é mais ideal do que 5 ou mais mortes. Fazendo o mesmo procedimento com o limiar 3 encontramos um valor positivo que mostra que a diversão média em níveis com mais de 3 mortes é maior do que nos níveis com 3 ou menos mortes. Com isso podemos concluir que 4 mortes é o número ótimo de mortes.

No eixo horizontal do gráfico da Figura 4.14 temos os limiares do número de mortes e no eixo vertical é calculada a diferença entre a média das diversões de todos os níveis que possuísem o número de mortes acima do limiar pela média das diversões de todos os níveis que possuísem o número de mortes igual ou abaixo do limiar. Podemos verificar visualmente que 4 é o número ótimo de mortes notando que pela primeira vez o valor da diferença é negativo para 4 mortes (a diversão média com mais de 4 mortes é pela

primeira vez menor que a diversão média com 4 ou menos mortes).

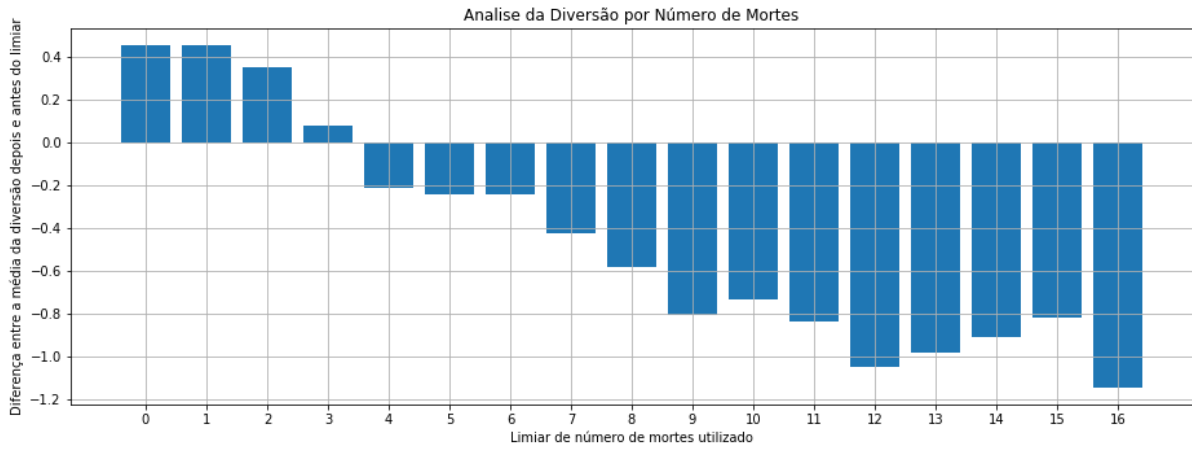


Figura 4.14: Gráfico elaborado para verificar como a diversão varia em diferentes grupos de jogadores agrupados de acordo com o número de mortes.

Um gráfico similar foi elaborado para verificar como a frustração varia para diferentes limiares de mortes mas não foi feita nenhuma nova descoberta com esse gráfico, além de evidenciar novamente que a morte é correlacionada com a frustração. Aqui em vez de se usar um limiar máximo de 16 mortes, utilizou um limiar máximo de 34 mortes (Figura 4.15).

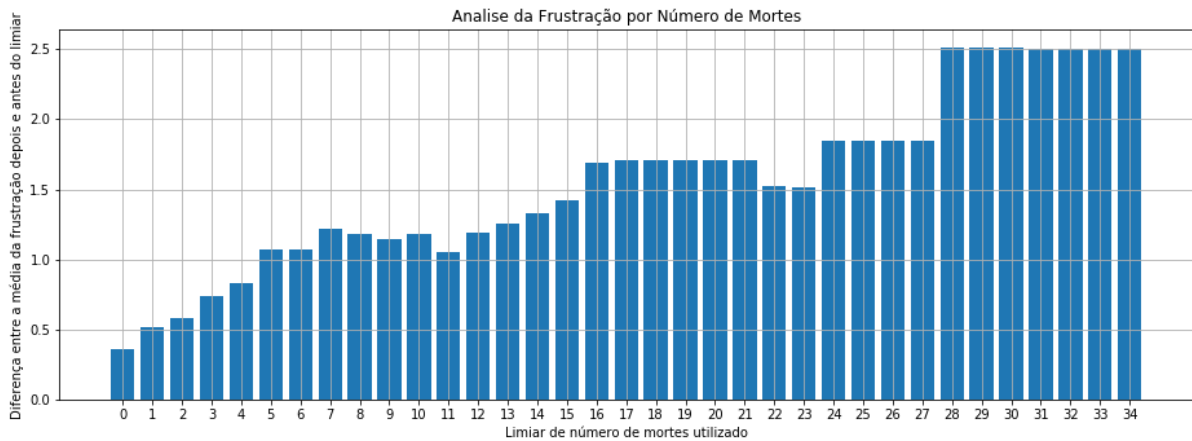


Figura 4.15: Gráfico elaborado para verificar como a frustração varia em diferentes grupos de jogadores agrupados de acordo com o número de mortes.

Encontrando Limiar de Duração

Aqui foi repetido tudo o que se fez na Seção ??, mas em vez de se usar o número de mortes em um nível como limiar, se usou a duração (em segundos) do nível. O gráfico da Figura 4.16 mostra os valores encontrados para limiares de 30 a 240 segundos espaçados por 10 segundos.

Após 210 segundos no Gráfico 4.16 podemos ver um aumento nos valores do eixo vertical, isso não significa necessariamente que após 210 segundos os jogadores começam a achar os níveis mais divertidos, provavelmente significa que o número da amostra de jogadores que jogaram mais de 210 segundos em um nível é pequena e com isso não conseguimos tirar uma média que represente um comportamento geral.

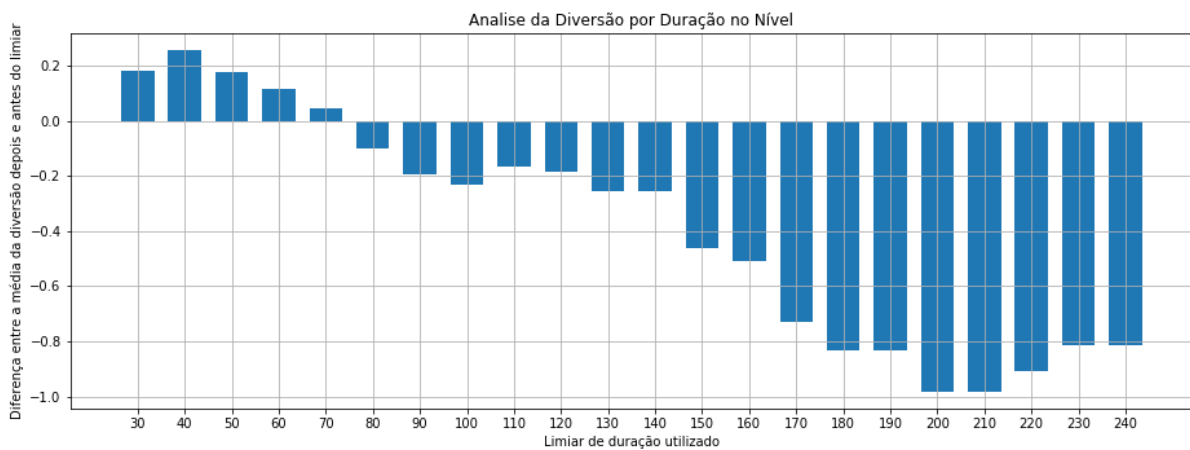


Figura 4.16: Gráfico elaborado para verificar como a diversão varia em diferentes grupos de jogadores agrupados de acordo com a duração no nível (entre 30 e 240 segundos).

Observando o Gráfico 4.16 conseguimos ver que em torno de 70 ou 80 segundos temos o momento que em média mais jogadores acham divertido. Foi elaborado outro gráfico então, agora com o espaçamento de 1 segundo entre cada limiar, para observar melhor o comportamento nessa região (entre 60 e 84 segundos). O resultado é o Gráfico 4.17, e se baseando nele, utilizaremos as durações entre 67 e 77 segundos como a duração ótima de um nível para um jogador médio.

Os limiares encontrados nessa seção foram utilizados para criar o conceito de zona explicado em mais detalhes no capítulo 5.2.

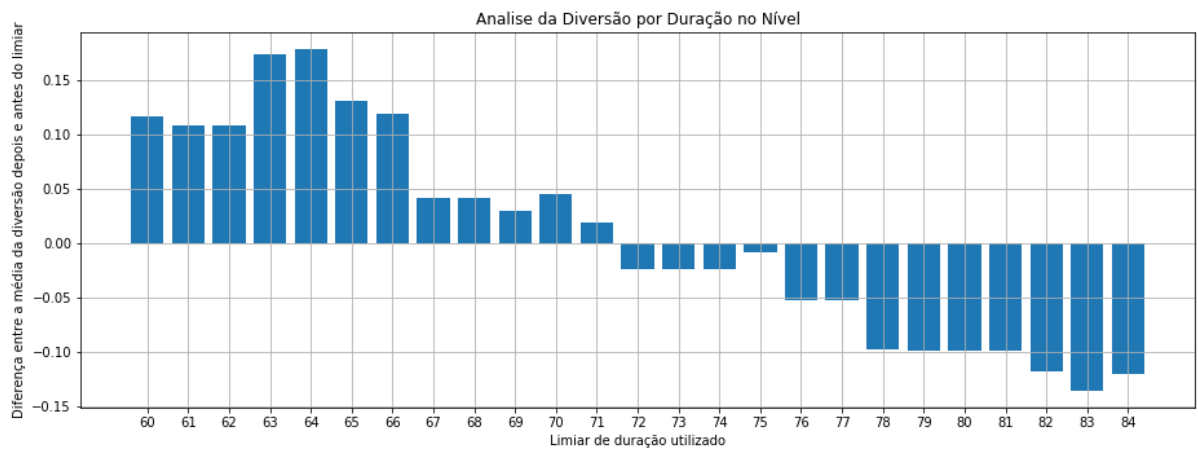


Figura 4.17: Gráfico elaborado para verificar como a diversão varia em diferentes grupos de jogadores agrupados de acordo com a duração no nível (entre 60 e 84 segundos).

Capítulo 5

Implementação dos ADDs Afetivo e por Desempenho

Nesse capítulo será apresentado como foi elaborado o modelo de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD). Primeiro será mostrado apenas como foi criado o ADD por Desempenho, que utiliza dados do jogo para estimar o desempenho, e depois será mostrado como foi criado o ADD Afetivo, que utiliza dados fisiológicos do jogador para estimar sua excitação. Ambos ADDs utilizam o conceito criado de Zona Ótima para estimar a diversão do jogador. Por último é mostrado como foi implementado um ADD que utiliza apenas o conceito de Zona Ótima para que depois possamos comparar melhor os diferentes ADD entre si.

5.1 Medindo a dificuldade

Para alterar a dificuldade entre os níveis, apenas a velocidade dos asteroides foi utilizada. A quantidade e o tamanho dos asteroides se mantêm constantes entre níveis. Essa decisão foi tomada para facilitar na análise da dificuldade do jogo como está explicado na Seção 4.2.1.

A velocidade é alterada linearmente a cada nível: no nível 1 as velocidades têm um valor aleatório entre 1 e 2, no nível 2, entre 2 e 3 e assim sucessivamente até o nível 10 no qual as velocidades dos asteroides variam entre 10 e 11. Quando falamos nesse trabalho da velocidade dos asteroides em um nível ser igual a um determinado número, esse número representa o valor mínimo dessa janela.

Na Figura 4.12 podemos observar que a velocidade tem uma alta correlação com a dificuldade percebida pelos jogadores, como esperado (correlação de 0,99, em amarelo claro).

Com isso podemos dizer que a velocidade dos asteroides de um nível representa a dificuldade do nível.

5.2 Zona Ótima

Na Seção 4.4.4 tentamos encontrar alguma relação entre os dados de desempenho com dados que se relacionassem com a diversão do jogador. Foi encontrado que os níveis nos quais os jogadores morrem 4 vezes (ou próximo) tendem a ser mais divertidos do que os outros níveis. Também foi encontrado que os níveis nos quais os jogadores demoram 72 segundos (ou próximo) para concluir-lo tendem a ser mais divertidos. Foi chamada essa zona na qual a diversão é maximizada de Zona Ótima.

Se a duração no nível ou o número de mortes do jogador está muito abaixo dos valores da Zona Ótima, provavelmente o jogador está achando o jogo fácil demais; se está muito acima, difícil demais. Foi dado então os nomes de zona amena e zona intensa respectivamente para essas regiões. Todo jogador inicia o nível na Zona Amena e muda de zona conforme o número de mortes e a sua duração no nível.

Foram utilizados os limites de 67 e 77 segundos para limitar a Zona Ótima porque olhando o gráfico da Figura 4.17 vemos que a diferença entre seus valores é pequena.

Abaixo é explicado como foi feita a classificação entre diferentes zonas utilizada no presente trabalho e a Figura 5.1 ilustra essa classificação:

Zona Amena: O jogador se encontra nessa zona se ele morreu menos de 4 vezes e concluiu o nível em menos de 67 segundos.

Zona intensa: O jogador morreu mais de 4 vezes e concluiu o nível em mais de 77 segundos.

Zona ótima: O jogador não se encontra em nenhuma das duas zonas acima.

5.3 ADD por Desempenho

O jogo *Asteroids* possui dez níveis e o objetivo de cada nível é atravessar um campo de asteroides e cruzar a linha de chegada. Então podemos relacionar um bom desempenho com conseguir vencer o nível com o menor número de mortes possível no menor tempo possível. O número de mortes está relacionado com o desempenho já que a cada morte o jogador tem que voltar para o início do nível e isso o deixa mais distante do objetivo. O tempo que um jogador permanece em um nível está relacionado com o seu desempenho,

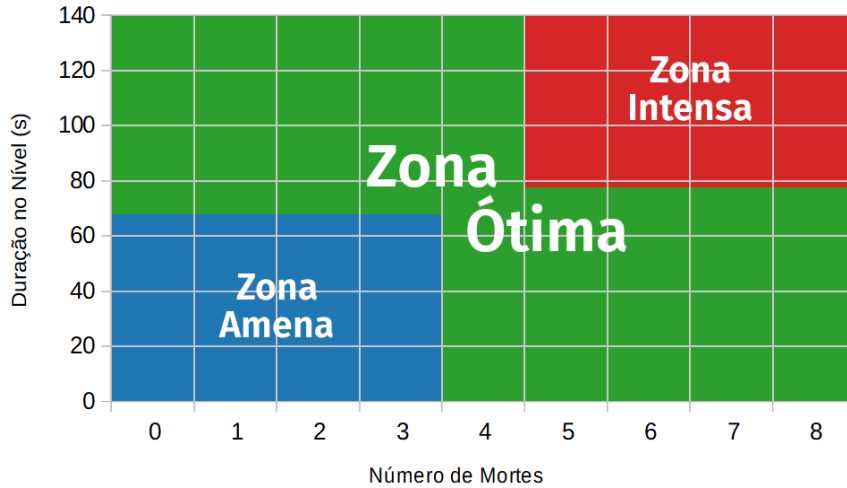


Figura 5.1: Diferentes zonas em que um jogador pode se encontrar de acordo com o número de mortes e a sua duração em um nível.

porque enquanto não se conclui o nível, o jogo não termina e então é natural tentar concluir o nível o mais rápido possível.

Foi feita uma divisão entre jogadores dedicados e jogadores casuais na Seção 4.4.2., na qual o que se diferencia esses dois grupos é o desempenho dos jogadores. Também foi visto nessa seção que os jogadores podem ser divididos entre casuais e dedicados utilizando o número médio de mortes por nível e a duração média para se concluir o nível.

5.3.1 Determinando alto desempenho

Os jogadores dedicados representam os jogadores de alto desempenho no jogo. Para encontrar uma equação que os defina, foram feitos os seguintes procedimentos.

Colocamos em um gráfico as médias de mortes dos jogadores dedicados em cada um dos níveis/velocidade (no nível 1 a velocidade dos asteroides é de 1, no nível 2 a velocidade dos asteroides é 2 e assim sucessivamente até o 10) para tentar analisar como essas duas variáveis se comportam. Podemos visualizar esse gráfico na Figura 5.2. As médias das mortes por nível dos jogadores dedicados foram retiradas da linha 27 tabela da Figura 4.10. Utilizou-se então a ferramenta do LibreOffice para se encontrar a linha de tendência (também conhecida como curva de regressão) para esses pontos e foi encontrada a seguinte equação:

$$MorteDedicado(v) = 0,0362e^{0,4304v} \quad (5.1)$$

Na Equação 5.1, v representa a velocidade atual do nível e $MorteDedicado(v)$ representa o número máximo de vezes que em média um jogador dedicado morre nessa

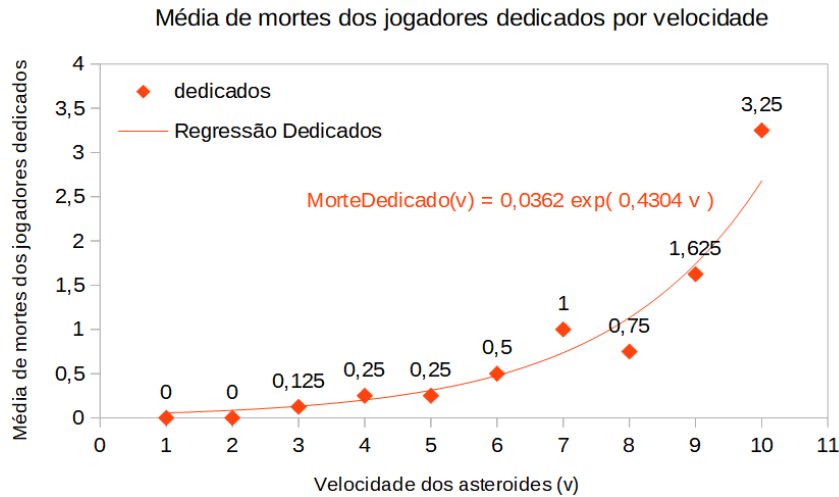


Figura 5.2: Gráfico feito para se encontrar a equação em que dada a velocidade dos asteroides podemos estimar o número de mortes que um jogador dedicado médio tem em um nível.

velocidade. Por exemplo: se v (a velocidade) for 6, $MorteDedicado(v)$ é aproximadamente 0,48. Podemos concluir então nesse caso que se um jogador concluir esse nível com 0 mortes, ele é considerado um jogador dedicado (jogador com alto desempenho), mas se ele morrer 1 vez, ele não será considerado um jogador dedicado (mas não necessariamente um jogador casual).

O procedimento acima foi repetido também para encontrar um limiar para a duração dos jogadores dedicados. Foi utilizada a linha 27 da tabela da Figura 4.11 e encontramos a Equação 5.2, na qual v representa a velocidade do nível e $DuracaoDedicado(v)$ representa o a duração máxima em média de um jogador dedicado em um nível dada velocidade v .

$$DuracaoDedicado(v) = 24,1276e^{0,0857v} \quad (5.2)$$

5.3.2 Determinando baixo desempenho

Foi repetido aqui o procedimento realizado para determinar o alto desempenho dos jogadores para se encontrar o baixo desempenho, mas em vez de se usar os valores dos jogadores dedicados, utilizou-se os valores dos jogadores casuais (25 tabela da Figura 4.10).

Para o limiar mínimo de mortes dos jogadores casuais encontrou-se a seguinte equação:

$$MorteCasual(v) = 0,1138e^{0,4938v} \quad (5.3)$$

Na Equação 5.3, v representa a velocidade atual do nível e $MorteCasual(v)$ representa o número mínimo de vezes que em média um jogador casual morre dada a velocidade v do nível. Por exemplo: se v (a velocidade) for 6 $MorteCasual(v)$ será 2,20. Podemos concluir então nesse caso que se um jogador concluir esse nível com 2 mortes, ele não é considerado um jogador casual, mas se ele morrer 3 vezes, ele será considerado um jogador casual (jogador com baixo desempenho).

A Figura 5.3 mostra as equações 5.1 e 5.3 representadas em um gráfico. Se levarmos apenas em consideração as mortes de um jogador (não levando em consideração a duração no nível), se um ponto (que representa a média de mortes de um jogador em uma determinada velocidade) estiver acima da linha tracejada, ele pode ser considerado de um jogador casual e se estiver abaixo da linha contínua, de um jogador dedicado.

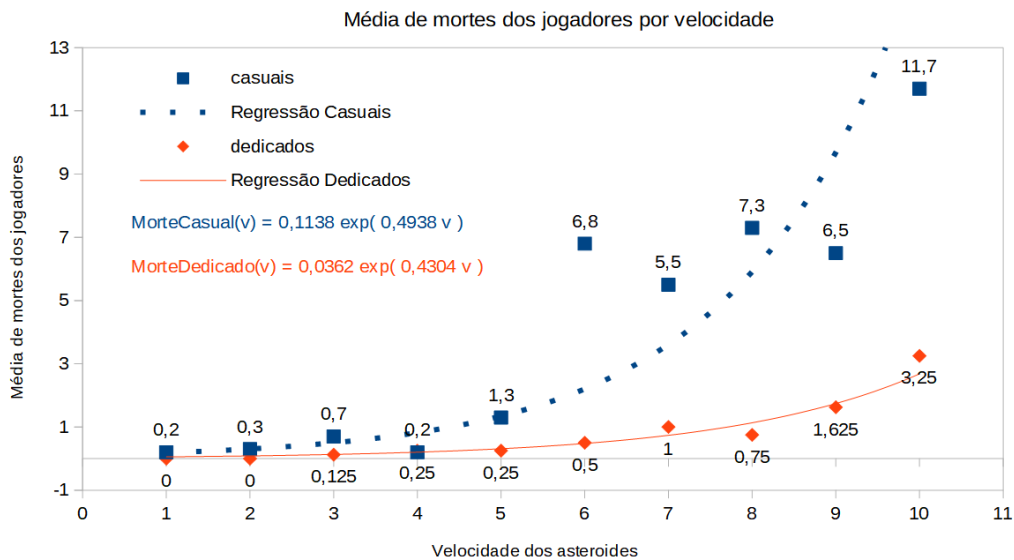


Figura 5.3: Curvas de regressão da velocidade dos asteroides pelas médias de mortes dos jogadores casuais e dedicados.

Repetiu-se o mesmo processo para encontrar o limiar mínimo de duração dos jogadores casuais e ele é representado pela seguinte equação:

$$DuracaoCasual(v) = 35,6606e^{0,1514v} \quad (5.4)$$

Na Equação 5.4, v representa a velocidade atual do nível e $DuracaoCasual(v)$ representa a duração mínima que um jogador casual demora para concluir o nível dada a velocidade v do nível.

5.3.3 Classificações utilizadas no ADD por Desempenho

Para implementar o ADD por Desempenho classificamos os jogadores utilizando o seu desempenho e sua diversão.

O desempenho do jogador é estimado conforme explicado nas Seções 5.3.1 e 5.3.2 utilizando as Equações 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4.

Abaixo é explicado como foi feita essa classificação no ADD por Desempenho.

Desempenho alto: Dada a velocidade dos asteroides v no nível, é considerado que um jogador teve um alto desempenho se nesse nível o número de mortes no nível for menor que $MorteDedicado(v)$ da Equação 5.1 e se a duração dele no nível for inferior ao $DuracaoDedicado(v)$ da Equação 5.2.

Desempenho baixo: Dada a velocidade dos asteroides v no nível, é considerado que um jogador teve um baixo desempenho se nesse nível o número de mortes no nível for maior que $MorteCasual(v)$ da Equação 5.3 e se a duração dele no nível for superior à $DuracaoCasual(v)$ da Equação 5.4.

Desempenho normal: É considerado que um jogador teve um desempenho normal caso ele não se enquadre em nenhuma das duas situações descritas acima

Além do desempenho dos jogadores, para fazer o ADD por Desempenho, foi utilizado o conceito de Zona Ótima explicado na Seção 5.2.

5.3.4 Quando alterar a dificuldade no ADD por Desempenho

Existem diferentes momentos que podemos alterar a dificuldade de um jogo em um algoritmo de ADD. Essa mudança pode ser feita ao mesmo tempo que o jogador está jogando o nível, a cada morte do jogador ou após a conclusão dos níveis. Independente do momento em que é feito o ajuste de dificuldade, é importante que o jogador não repare que a dificuldade do jogo está sendo modificada. No ADD desenvolvido nesse trabalho implementamos mudanças de dificuldade ao concluir o nível e ao morrer.

Ao passar de nível

Quando um jogador avança o nível a dificuldade só pode ser mantida ou aumentada. Escolhemos essa regra por ser natural do jogador já esperar um nível seguinte ao atual mais difícil que o atual, como é feito na maioria dos jogos. Mesmo esperando que o nível seguinte seja mais difícil que o atual, se o desempenho do jogador estiver muito baixo, a dificuldade se manterá a mesma no nível seguinte (pelo fato das mudanças entre os níveis serem sutis, é provável que o jogador nem perceba que a dificuldade se manteve a mesma).

Tabela 5.1: Ajuste na velocidade dos asteroides entre os níveis de acordo com o desempenho e a zona do jogador.

	Zona Amena	Zona Ótima	Zona Intensa
Desempenho alto	+2	+1,5	+1
Desempenho médio	+1,5	+1	+0,5
Desempenho baixo	+1	+0,5	0

O desempenho do jogador só pode ser calculado adequadamente quando analisamos um nível já concluído. Isso porque que as Equações 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 foram criadas se baseando no desempenho do jogador em um nível do seu início ao seu fim. Se usássemos essas equações para medir o desempenho no decorrer do nível, no início do nível todos os jogadores seriam classificados com alto desempenho, já que nesse momento a duração é baixa e o número de mortes é zero.

No primeiro teste realizado, explicado no Capítulo 4, a velocidade dos asteroides era aumentada em 1 unidade a cada nível concluído. Essa foi escolhida como sendo a velocidade normal de incremento de dificuldade. Então caso o jogador esteja com um desempenho normal e na Zona Ótima, se mantêm esse esse aumento de 1 unidade. A tabela 5.1 mostra as mudanças propostas entre os níveis de acordo com o desempenho e a zona do jogador toda vez que se passa de nível.

Ao morrer

Quando um jogador morre a dificuldade só pode ser mantida ou abaixada. A Tabela 5.2 mostra as alterações de velocidade que são feitas a cada morte de acordo com o nível do jogador.

O desempenho do jogador utilizado no ajuste é o desempenho calculado em relação ao nível anterior, já que as Equações 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 para serem criadas levaram como base o desempenho do jogador em um nível do início ao fim. Por exemplo: se estamos no nível 3, o desempenho do jogador utilizado na Tabela 5.2 vai ser o desempenho que o jogador teve no nível 2. No nível 1 o desempenho inicial será considerado como médio.

Sempre ao iniciar um nível, o jogador se encontrará na zona amena, e a partir do momento em que for morrendo e demorando mais tempo no nível, ele vai mudando de zona. Por exemplo: se um jogador está jogando um nível há 30 segundos e morreu só uma vez, ele provavelmente está suscetível a fazer mais tentativas de vencer o nível. Se um jogador está jogando um mesmo nível há 2 minutos e já morreu 10 vezes, provavelmente ele já está frustrado e pode desistir do jogo a qualquer instante, então é interessante fazer um maior ajuste de dificuldade nesse momento.

Tabela 5.2: Ajuste na velocidade dos asteroides a cada morte de acordo com o desempenho e a zona do jogador.

	Zona Amena	Zona Ótima	Zona Intensa
Desempenho alto	0	-0,25	-0,5
Desempenho médio	-0,25	-0,5	-0,75
Desempenho baixo	-0,5	-0,75	-1

Olhando somente as linhas das tabelas, vemos que todos os jogadores, independente do seu desempenho, se morrerem e durarem muito em um nível (o que varia só a zona), uma hora vão ter a dificuldade reduzida. Também notamos que quanto mais baixo o desempenho, maior é essa redução de dificuldade.

Os valores da tabela de ajuste em relação a morte (5.2) são em módulo um quarto dos valores da tabela de ajuste entre os níveis (5.1) porque normalmente mais se morre do que se passa de nível. Se facilitarmos muito a cada morte, o jogador dificultaria muito lentamente entre os níveis já que só estamos dificultando o jogo ao passar de nível.

5.4 ADD Afetivo

Para fazer o ADD Afetivo, utilizamos a atividade eletrodérmica (EDA) dos jogadores. Vimos na Seção 2.2.2 que podemos usar a EDA como um indicador da excitação dos jogadores (a excitação é representada pelo eixo vertical das Figuras 2.1 e 2.2). Então, para criar o ADD Afetivo a primeira tarefa realizada foi determinar quando a excitação de um jogador está alta, baixa ou normal.

5.4.1 Classificando a excitação

Analisando os dados dos jogadores individualmente como explicado na Seção 4.4.1 tentamos encontrar uma relação entre a EDA e a excitação dos jogadores. Na Figura 4.6 podemos ver por exemplo que nos níveis iniciais (níveis 1, 2, 3, 4 e 5) a EDA no final do nível é menor do que no início do nível, e pelos dados de percepção podemos ver que o jogador se diverte mais nos últimos dois níveis quando a dificuldade é maior. Também podemos ver que nos questionários entre os níveis (área branca da imagem), que é um momento mais calmo do jogo no qual a excitação é mais baixa, a EDA do jogador cai drasticamente. Na Figura 4.7, vemos que nos níveis com muitas mortes (níveis 3, 5, 7, 8 e 10) o valor da EDA no final do nível é mais alto do que no início do nível. Então para calcularmos a excitação de um nível pensou-se em utilizar o valor da EDA no final do nível e comparar ele com o valor no início do nível.

Uma versão simples do algoritmo de classificação de excitação consiste em apenas verificar se o valor da EDA no fim do nível é maior do que no início do nível; se sim o jogador teve uma alta excitação naquele nível e se não, teve uma baixa excitação. O problema dessa abordagem é que nunca teríamos um estado de excitação normal, em que a excitação não varia muito, como no nível 2 ou 4 da Figura 4.7 porque raramente dois valores lidos pelo sensor de condutância elétrica são exatamente iguais.

Para encontrar o estado de excitação normal de um jogador então, precisamos utilizar uma janela de valores para os quais consideramos que não há mudança em sua excitação. Por exemplo: se o valor da EDA no início do nível for de $3\mu\text{S}$ e no final for $3,05\mu\text{S}$, se a janela for de 0,06 podemos considerar que a excitação do jogador ao final do nível é normal, mas se a janela for de 0,04 a excitação do jogador no final do nível é considerada alta. Existem porém duas dificuldades de se encontrar essa janela:

Variância entre jogadores: Não podemos utilizar um valor fixo para limitar essa janela porque os valores da EDA variam bastante entre diferentes jogadores. Nos testes realizados, houveram jogadores cuja EDA variou entre $0,025\mu\text{S}$ e $0,175\mu\text{S}$ e jogadores em que a variação foi de $1\mu\text{S}$ a $5\mu\text{S}$.

Limites da excitação normal: Mesmo levando em consideração só um jogador, é difícil determinar exatamente quanto que um valor da EDA deve subir para se considerar que o jogador entrou no estado de alta excitação.

Variância entre jogadores

Para resolver o problema da variância entre jogadores, procurou-se um valor que pudesse ser retirado no próprio nível jogado e que pudesse ter relação com os limites da janela de excitação normal independente do jogador (o tamanho do pico mediano). Para isso utilizamos os conceitos explicados a seguir:

Pico: Pico é um valor de máximo ou mínimo local. Se um valor de EDA possui o valor anterior e posterior menores que o seu próprio valor, chamamos esse valor de pico positivo. Se um valor de EDA possui o valor anterior e posterior maiores que o seu próprio, chamamos esse valor de pico negativo. Na Figura 5.4 os picos são representados pelos círculos vermelhos.

Tamanho do pico: O tamanho de um pico é o seu valor EDA subtraído do valor EDA do pico anterior em módulo. Na Figura 5.4 os tamanhos dos picos são representados pelas linhas azuis.

Tamanho do pico mediano: Um valor comum de tamanho de pico utilizado para calcular os limites da janela de excitação normal independente da variação da EDA

entre diferentes jogadores. Na Figura 5.4 o tamanho do pico mediano é representado pela linha azul apontada pela seta verde.

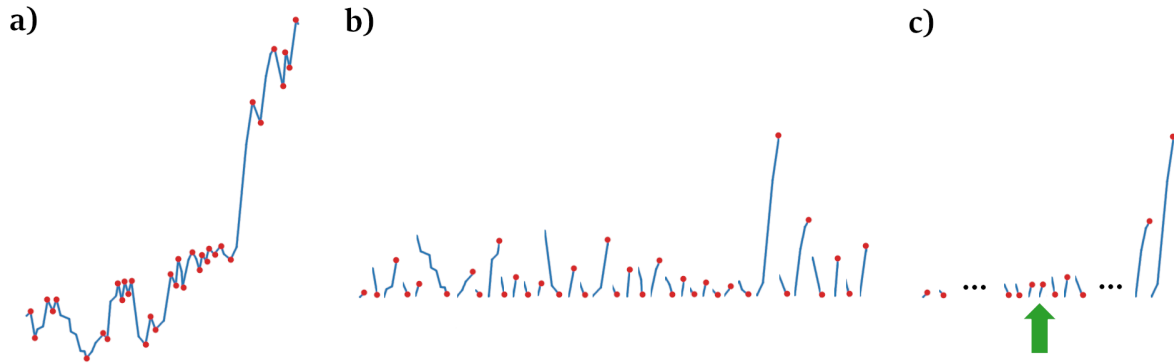


Figura 5.4: Representação do algoritmo utilizado para se encontrar o tamanho do pico mediano.

A Figura 5.4 representa o processo feito para se encontrar o tamanho de pico médio em um intervalo de valores de EDA. A imagem da letra A ilustra a primeira etapa do algoritmo que é encontrar os picos representados pelos círculos vermelhos. A imagem da letra B ilustra a segunda etapa que é encontrar os tamanhos dos picos representados pelas linhas azuis. A imagem da letra C ilustra a última etapa do algoritmo que é ordenar os tamanhos dos picos e encontrar a mediana que é o tamanho do pico mediano representado na imagem pela linha azul apontada pela seta verde.

Utilizamos a mediana porque queremos descartar os valores em que houver subidas ou descidas muito abruptas e também valores de ruído em que as mudanças forem muito pequenas. Não utilizamos a média porque não queremos levar em consideração esses momentos de alta excitação abrupta, queremos apenas o valor mais comum de tamanho do pico (a tendência central).

Limites da excitação normal

Com o tamanho do pico mediano achado, temos uma unidade que podemos usar para todos os jogadores, independente da variação da sua EDA, mas ainda não sabemos o quanto dessa unidade devemos multiplicar para encontrar o tamanho da janela. Vamos chamar essa constante que está sendo multiplicada de k .

Os valores limites da janela que determina a excitação normal vão do valor da EDA inicial subtraído do tamanho do pico mediano multiplicado pela constante k , até o valor da EDA inicial somado do tamanho do pico mediano multiplicado por k . Por exemplo: se o valor EDA inicial for $1\mu S$, o valor EDA final for $1,5\mu S$ e o tamanho do pico mediano

for $0,2\mu\text{S}$. Se k for 3, a janela de excitação normal vai ser de $0,4\mu\text{S}$ a $1,6\mu\text{S}$ e a excitação do jogador será considerada normal já que $1,5\mu\text{S}$ está dentro dessa janela. Se k for 2, a janela de excitação normal vai de $0,6\mu\text{S}$ a $1,4\mu\text{S}$ e o jogador será considerado excitado já que $1,5\mu\text{S}$ é um valor maior do que $1,4\mu\text{S}$.

Para encontrar o valor de k ideal, executamos as seguintes instruções para diferentes valores de k :

1. Analisamos os gráficos dos 18 voluntários da Seção 4.4.1 (como os gráficos das Figuras 4.6 e 4.7). Cada nível de cada jogador foi avaliado subjetivamente e atribuído o valor de 1, 0 ou -1 para ele sendo: 1 se o valor EDA ao final do nível for maior que o valor inicial, -1 caso contrário e 0 se o valor da EDA pareça visualmente constante no início e no final do nível;
2. Encontrou-se para cada nível de cada jogador o valor do tamanho do pico mediano como explicado na seção anterior;
3. Foram calculados os limites utilizados para classificar a excitação para cada nível sendo: se o valor da EDA do jogador ao final do nível for maior que o valor inicial somado do valor do tamanho do pico mediano multiplicado por k , o jogador é classificado com alta excitação naquele nível e recebe o valor 1. Se o valor da EDA do jogador ao final do nível for menor que o valor inicial subtraído do valor do tamanho do pico mediano multiplicado por k , o jogador é classificado como baixa excitação naquele nível e recebe o valor -1. Se nenhum dos dois casos for atendido o jogador naquele nível é classificado com excitação normal e recebe o valor de 0;
4. Calculou-se o percentual de itens corretamente classificados no item 3 em relação a classificação descrita no item 1.

Fazendo os passos acima para diferentes valores de k , encontramos que 2 foi o valor com maior percentual de itens corretamente classificados descrito no item 4 (75%). É interessante falar que quando feito os passos acima com k igual a 0,01 nenhum nível foi classificado com excitação normal (0) e o percentual de acerto foi de 64%, ou seja, se fosse utilizada uma versão simplificada desse algoritmo de classificação de excitação (apenas classificando como excitação alta se o valor EDA final for maior que o inicial e como excitação baixa caso contrário) teríamos um acerto de 64% (em relação a classificação descrita no item 1 acima). Foi verificado também que ignorando de 1 a 6 valores de picos iniciais encontrou-se um aumento no percentual de acerto de até 80%, isso pode ser explicado porque os valores da EDA dos jogadores no início do nível ainda estão relacionados com o questionário que veio logo antes de começar o nível (que normalmente possuem valores da EDA inferiores já que o jogador não pode perder durante o questionário).

Tabela 5.3: Ajuste na velocidade dos asteroides entre os níveis de acordo com a excitação inferida pela EDA e a zona do jogador.

	Zona Amena	Zona Ótima	Zona Intensa
Excitação baixa	+2	+1,5	+1
Excitação média	+1,5	+1	+0,5
Excitação alta	+1	+0,5	0

5.4.2 Quando alterar a dificuldade no ADD Afetivo

Vimos na Seção 2.2.2, que fala sobre a atividade eletrodérmica, o problema da distinção de diferentes valências emocionais (que a EDA está apenas ligada a excitação do jogador e não pode ser utilizada para inferir a valência dele). Também nessa seção vimos que podemos utilizar a EDA acompanhada de outros dados para saber se a natureza das emoções experimentadas pelo jogador é de origem positiva ou negativa. Na Seção 5.2 definimos três diferentes zonas, que se relacionam com a diversão do jogador. Também utilizaremos esse conceito de Zona Ótima para elaborar o ADD Afetivo junto com as excitações classificadas de acordo com a Seção 5.4.1.

A dificuldade no ADD Afetivo é alterada nos mesmos momentos que no ADD por Desempenho visto na Seção 5.3.4: ao passar de nível e ao morrer.

Ao passar de nível

Ao se passar de nível a dificuldade do jogo pode apenas aumentar ou se manter constante. Foi feita essa escolha porque essa é a regra esperada pela maioria dos jogadores, em que o desafio do jogo aumenta de acordo com a sua progressão.

Foi escolhida uma lógica similar a lógica da adaptação da dificuldade feita no ADD por Desempenho para poder melhor comparar os dois métodos depois. A maior diferença entre os dois ADDs é que os valores atribuídos aos jogadores com desempenho alto aqui são atribuídos aos jogadores com a excitação baixa, e os valores atribuídos aos jogadores com desempenho baixo aqui são atribuídos aos jogadores com a excitação alta. É feito isso porque quando um jogador possui a excitação alta, ele pode estar frustrado e quando a sua excitação está baixa ele pode estar com tédio (mesmo que não necessariamente). Os ajustes feitos ao passar de nível são mostrados na Tabela 5.3.

Ao morrer

O ajuste ao morrer no ADD Afetivo foi baseado no ajuste realizado no ADD por Desempenho, mas aqui os valores atribuídos aos jogadores com desempenho alto são atribuídos aos jogadores com a excitação baixa (porque geralmente estão entediados em decorrência de níveis muito fáceis) e os valores atribuídos aos jogadores com desempenho baixo são

Tabela 5.4: Ajuste na velocidade dos asteroides a cada morte de acordo com a excitação inferida pela EDA e a zona do jogador.

	Zona Amena	Zona Ótima	Zona Intensa
Excitação baixa	0	-0,25	-0,5
Excitação média	-0,25	-0,5	-0,75
Excitação alta	-0,5	-0,75	-1

atribuídos aos jogadores com a excitação alta (já que geralmente estão frustrados por estarem morrendo demais).

Aqui a zona faz uma parte muito importante no ajuste da dificuldade, já que sempre a dificuldade do jogo vai ser diminuída quanto mais se morrer, independente da excitação. A excitação apenas vai dizer se essa diminuição vai ser maior, no caso de jogadores com a excitação alta provavelmente frustrados, ou menor, no caso dos jogadores com excitação baixa provavelmente entediados. Alguns jogadores podem possuir a excitação alta ou baixa por outros motivos, por exemplo: um jogador pode ter uma excitação baixa não porque está entediado em decorrência do jogo estar muito fácil, mas por estar abatido com seu fraco desempenho e não imerso no jogo. Ou talvez, em alguns usuários o valor da EDA pode apenas ser muito baixo e não ser detectado muito bem. Independente do caso, é importante que todos jogadores consigam vencer em algum momento, mesmo que tenham que morrer diversas vezes para isso.

Todos os jogadores começam o nível na zona amena e vão mudando de zona de acordo com o número de mortes e o tempo que passam no nível. A excitação utilizada dentro de um nível não varia, ela é sempre o mesmo valor da excitação calculada ao se passar de nível referente ao nível anterior.

A Tabela 5.4 mostra os ajustes na dificuldade que são feitos sempre que um jogador morrer.

5.5 ADD pro Zona

Foi feito uma versão de ADD que utiliza apenas o dado da zona do jogador (se amena, ótima ou intensa como visto na Seção 5.2). A alteração da velocidade dos asteroides ao morrer ou ao passar de nível é mostrada nas tabelas 5.5 e 5.6.

Esse ADD foi criado para nos testes do Capítulo 6 conseguirmos avaliar qual é a vantagem de se classificar jogadores em diferentes desempenhos e em diferentes excitações em relação a apenas fazer o ajuste da dificuldade utilizando a zona do jogador.

Como esse ADD utiliza apenas dados do desempenho do jogador, ele poderia ser nomeado de ADD por Desempenho também, mas para diferencia-lo do ADD por Desempenho visto na Seção 5.3, ele foi nomeado de ADD por Zona.

Tabela 5.5: Ajuste na velocidade dos asteroides entre os níveis de acordo com a zona do jogador.

	Zona Amena	Zona Ótima	Zona Intensa
Todos jogadores	+1,5	+1	+0,5

Tabela 5.6: Ajuste na velocidade dos asteroides a cada morte de acordo com a zona do jogador.

	Zona Amena	Zona Ótima	Zona Intensa
Todos jogadores	-0,25	-0,5	-0,75

Capítulo 6

Testes e Resultados

O foco desse estudo consiste em comparar distintos modelos de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD) e avaliar a eficiência deles em ajustar a dificuldade adequadamente e manter o jogador em estado de fluxo. Os testes aplicados nesse capítulo possuem o objetivo de comparar os diferentes modelos de ADD descritos no Capítulo 5.

A estrutura desse capítulo é similar a estrutura do Capítulo 4: na Seção 6.1 são mostrados dados sociodemográficos a respeito dos voluntários dos testes, na Seção 6.2 são explicados os instrumentos utilizados para realizar os testes, na Seção 6.3 é explicado o roteiro do experimento realizado e por fim na Seção 6.4 os dados obtidos no teste desse são analisados e os diferentes modelos de ADDs são comparados entre si.

6.1 Participantes

Foram feitos no total 69 testes com 69 voluntários distintos. Com 18 voluntários testamos o jogo sem ADD cujos resultados foram analisados no Capítulo 4, com outros 17 voluntários testamos o ADD por Desempenho, com 17 voluntários testamos o ADD Afetivo e também com 17 voluntários testamos o ADD por Zona.

6.1.1 Sem ADD

Algumas características dos participantes que jogaram a versão do jogo sem ADD são listadas a seguir:

- Os voluntários têm em média 20,9 anos com desvio padrão de 3,5.
- 83,3% dos voluntários se identificam como do gênero masculino e 16,7% como do feminino

- Todos os voluntários disseram já ter tido contato com jogos digitais e que esse contato se deu pela primeira vez com idades entre 3 e 13 anos (média 7,7 e desvio padrão de 3,2)
- 66,7% dos voluntários disseram estar já estarem familiarizados com o jogo que jogaram durante o teste antes de terem jogado ele e 33,3% disseram não estar familiarizado
- 66,7% dos jogadores disseram que ao jogar geralmente exploram todo o cenário do jogo e 33,3% disse que geralmente cumprem diretamente o objetivo.
- Para a pergunta "Quando você tem que escolher o nível de um jogo que você vai jogar pela primeira vez, qual você normalmente escolhe?" 11,1% dos voluntários respondeu "Fácil", 72,2% respondeu "Médio" e 16,7% respondeu "Difícil".

6.1.2 ADD por Desempenho

Algumas características dos participantes que jogaram a versão do jogo com ADD por Desempenho listadas a seguir:

- Os voluntários têm em média 21,4 anos com desvio padrão de 3,5.
- 58,8% dos voluntários se identificam como do gênero masculino e 41,2% como do feminino
- Todos os voluntários disseram já ter tido contato com jogos digitais e que esse contato se deu pela primeira vez com idades entre 2 e 15 anos (média 8,1 e desvio padrão de 3,0)
- 52,9% dos voluntários disseram estar já estarem familiarizados com o jogo que jogaram durante o teste antes de terem jogado ele e 47,1% disseram não estar familiarizado
- 35,3% dos jogadores disseram que ao jogar geralmente exploram todo o cenário do jogo e 64,7% disse que geralmente cumprem diretamente o objetivo.
- Para a pergunta "Quando você tem que escolher o nível de um jogo que você vai jogar pela primeira vez, qual você normalmente escolhe?" 47,05% dos voluntários respondeu "Fácil", 47,05% respondeu "Médio" e 5,89% respondeu "Difícil".

6.1.3 ADD Afetivo

Algumas características dos participantes que jogaram a versão do jogo com ADD Afetivo a seguir:

- Os voluntários têm em média 21,1 anos com desvio padrão de 3,2.
- 52,9% dos voluntários se identificam como do gênero masculino e 47,1% como do feminino
- Todos os voluntários disseram já ter tido contato com jogos digitais e que esse contato se deu pela primeira vez com idades entre 4 e 15 anos (média 8,2 e desvio padrão de 3,0)
- 47,1% dos voluntários disseram estar já estarem familiarizados com o jogo que jogaram durante o teste antes de terem jogado ele e 52,9% disseram não estar familiarizado
- 58,8% dos jogadores disseram que ao jogar geralmente exploram todo o cenário do jogo e 41,2% disse que geralmente cumprem diretamente o objetivo.
- Para a pergunta "Quando você tem que escolher o nível de um jogo que você vai jogar pela primeira vez, qual você normalmente escolhe?" 47,1% dos voluntários respondeu "Fácil", 35,3% respondeu "Médio" e 17,6% respondeu "Difícil".

6.1.4 ADD por Zona

Algumas características dos participantes que jogaram a versão do jogo com ADD por Zona listadas a seguir:

- Os voluntários têm em média 21,1 anos com desvio padrão de 3,2.
- 70,6% dos voluntários se identificam como do gênero masculino e 29,4% como do feminino
- Todos os voluntários disseram já ter tido contato com jogos digitais e que esse contato se deu pela primeira vez com idades entre 3 e 12 anos (média 8,2 e desvio padrão de 3,0)
- 82,4% dos voluntários disseram estar já estarem familiarizados com o jogo que jogaram durante o teste antes de terem jogado ele e 17,6% disseram não estar familiarizado
- 58,8% dos jogadores disseram que ao jogar geralmente exploram todo o cenário do jogo e 41,2% disse que geralmente cumprem diretamente o objetivo.
- Para a pergunta "Quando você tem que escolher o nível de um jogo que você vai jogar pela primeira vez, qual você normalmente escolhe?" 35,3% dos voluntários respondeu "Fácil", 52,9% respondeu "Médio" e 11,8% respondeu "Difícil".

6.2 Instrumentos

Para se realizar os testes desse capítulo foi utilizado uma versão do jogo *Asteroids* similar a versão explicada na Seção 4.2.1, com a única diferença da mudança dos diferentes ADDs, que foram implementados conforme é explicado no Capítulo 4.

Os questionários feitos antes, durante e após o jogo são similares aos questionários explicados na Seção 4.2.2 e os dados coletados são os mesmos explicados na Seção 4.2.3.

6.3 Procedimentos

Os procedimentos realizados nessa bateria de teste foram os mesmos dos procedimentos explicados na Seção 4.3, com a diferença que os dados da EDA dos jogadores não foram coletados para os voluntários que jogaram as versões do jogo com ADD por Desempenho e com ADD por Zona para facilitar na aquisição dos dados.

6.4 Análise de Dados

Para comparar os diferentes ADDs foram elaborados gráficos como o da Figura 6.1. Temos no eixo vertical o valor da variável que está sendo comparada (nesse caso as respostas dos voluntários a respeito da dificuldade percebida no nível) e no eixo horizontal as barras que representam a média dos jogadores de um tipo de jogo em um nível, em que as cores das barras dizem o tipo de jogo que os voluntários em questão jogaram (jogo sem ADD, com ADD por Desempenho, com ADD Afetivo e com ADD por Zona) e cada grupo de quatro barras juntas representa um nível do jogo. Os traços verticais no topo de cada barra representam o desvio padrão dos valores das respectivas barras. Cada um dos gráficos representa um grupo diferente de jogadores: no gráfico de cima (a) os dados são referentes a todos os jogadores, no gráfico do meio (b) os dados são referentes aos jogadores casuais e nos gráficos de baixo (c) os dados são referentes aos jogadores dedicados.

Os jogadores foram separados entre casuais e dedicados para possibilitar uma melhor interpretação dos dados obtidos. Na Seção 4.4.2 foi explicado como foi feita a separação entre jogadores dedicados e casuais para o jogo sem ADD. Para fazer essa separação nos outros jogos testados, seguiu-se uma lógica semelhante: analisou-se os dados do questionário, o número de mortes no primeiro nível (já que ele é o mesmo para todos os diferentes jogos) e a duração dos jogadores no primeiro nível.

Uma vez que todos os 17 jogadores de cada um dos diferentes ADDs foram ordenados de acordo com o seu desempenho e respostas no questionário, os 7 jogadores com melhor desempenho foram classificados como dedicados, os 7 jogadores com pior desempenho

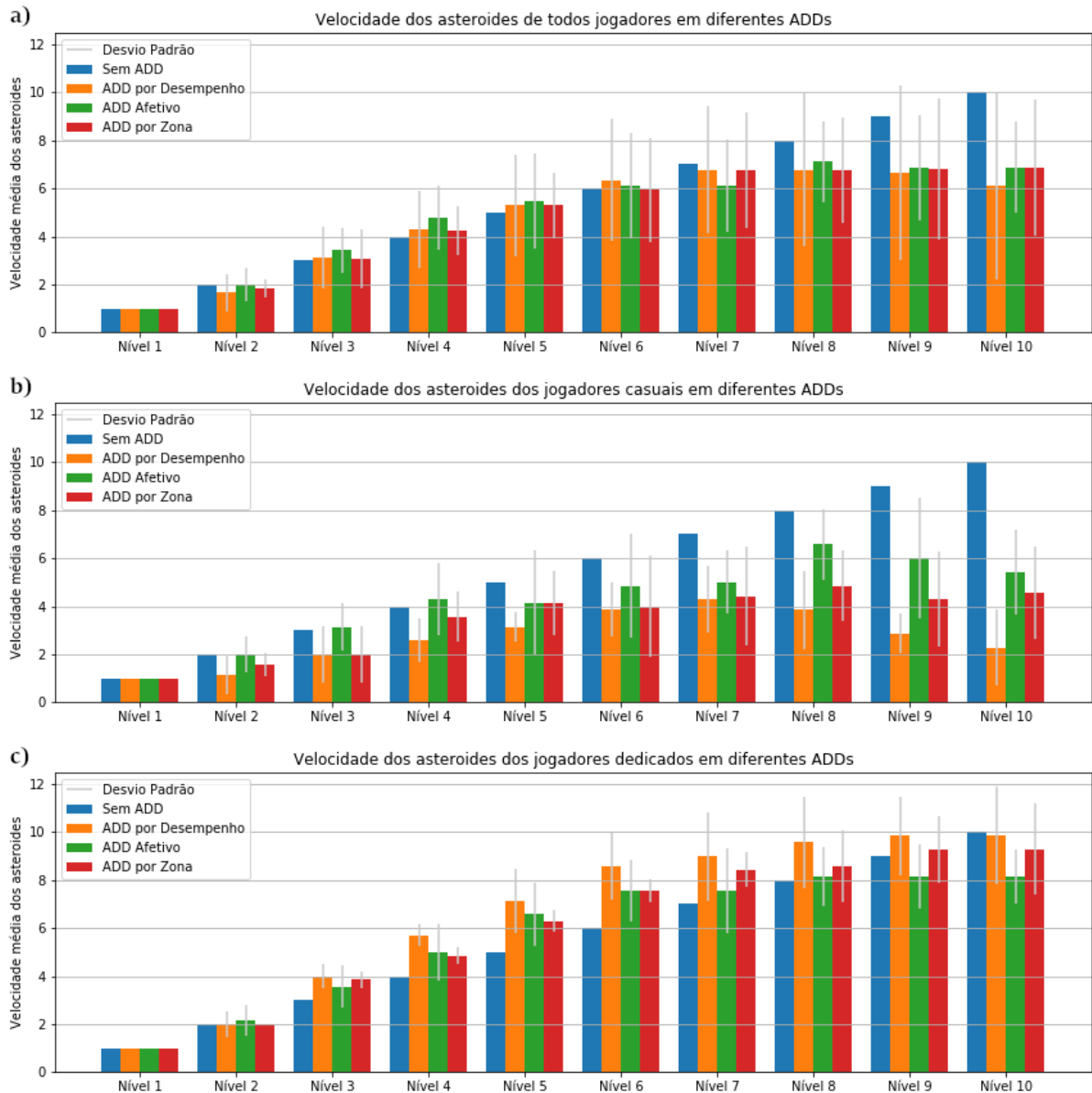


Figura 6.1: Comparação da velocidade dos asteroides ajustada em cada nível em jogos com diferentes ADDs.

foram classificados como jogadores casuais e os 3 jogadores intermediários foram descartados dessa classificação. Foi feito isso pensando no caso de se possuir, por exemplo, um grupo com 18 pessoas em que 7 fossem dedicadas e 11 casuais. Nesse caso se fosse dividido o grupo exatamente ao meio, teria-se um grupo com 9 jogadores casuais, que realmente são jogadores casuais, e um grupo de jogadores dedicados em que apenas 7 desses jogadores realmente são dedicados e 2 deles são jogadores que foram erroneamente classificados como dedicados.

Na Figura 6.1 podemos ver como que as velocidades dos asteroides variam a cada nível

em jogos com diferentes ADDs. É válido lembrar que para se fazer o Ajuste Dinâmico de Dificuldade apenas a velocidade dos asteroides é alterada e essa alteração é feita em dois momentos: ela é incrementada ao se passar de nível e é decrementada a cada morte. Logo num mesmo nível pode-se ter diferentes valores de velocidade, mas foi escolhido mostrar no gráfico apenas a velocidade ao se iniciar o nível. Podemos então com esses gráficos ter uma noção de como os ADDs ajustaram a dificuldade do jogo durante os testes.

Podemos ver no gráfico A da Figura 6.1 que em todos os níveis a velocidade média dos jogos com ADD são próximas e nos últimos níveis elas são inferiores a velocidade do jogo sem ADD. Levando em consideração que o ADD por Desempenho e o ADD Afetivo também contém o método de ajuste do ADD por Zona (apenas diferenciando entre si na classificação dos jogadores por desempenho e excitação respectivamente) podemos concluir que a velocidade ajustada pelos ADDs em média não apresentaram muita diferença ao se usar o desempenho ou a excitação dos jogadores. Mas nos gráficos B e C, referente aos jogadores casuais e dedicados respectivamente, podemos ver algumas diferenças ao se usar o desempenho e a excitação do jogador. Podemos ver que entre os jogadores casuais o ADD por desempenho reduziu mais a velocidade nos últimos níveis em comparação aos outros ADDs (facilitando os níveis mais difíceis para os jogadores com menos habilidades). Também podemos ver que, entre os jogadores dedicados, na maioria dos níveis o ADD por desempenho tem uma velocidade maior, mostrando que ele proporciona um maior desafio para esses jogadores. O ADD Afetivo se comportou de maneira oposta em relação ao ADD por Desempenho usando o ADD por Zona como referência (entre os jogadores casuais com maior velocidade do que o ADD por Zona e entre os jogadores dedicados com menor velocidade do que o ADD por Zona).

Na Figura 6.2 podemos ver que a cada nível que se passa a dificuldade percebida em média tende a aumentar em todos os gráficos e que no último nível a dificuldade percebida pelos voluntários que jogaram o jogo sem ADD foi maior do que nos outros jogos em média, assim como a velocidade dos asteroides na Figura 6.1. No gráfico B podemos ver que os jogadores casuais percebem uma maior dificuldade nos níveis em relação aos outros jogadores mesmo com a velocidade dos asteroides menores nesses níveis (o que pode ser verificado na Figura 6.1), isso indica que o grupo de jogadores casuais que jogaram o jogo com ADD por Desempenho possuem em média menos habilidades com o jogo em relação aos outros jogadores casuais. Na Figura 6.3, na qual é analisada a duração dos jogadores, também podemos verificar que esse grupo de jogadores possui uma maior duração média nos níveis em relação aos outros jogadores, corroborando com essa conclusão.

No gráfico A da Figura 6.3 podemos verificar que, em geral, nos níveis mais fáceis a duração dos jogos com ADD são maiores do que nos jogos sem ADD e menores nos níveis mais difíceis. Isso mostra que os ADDs estão agindo conforme esperado, já que a

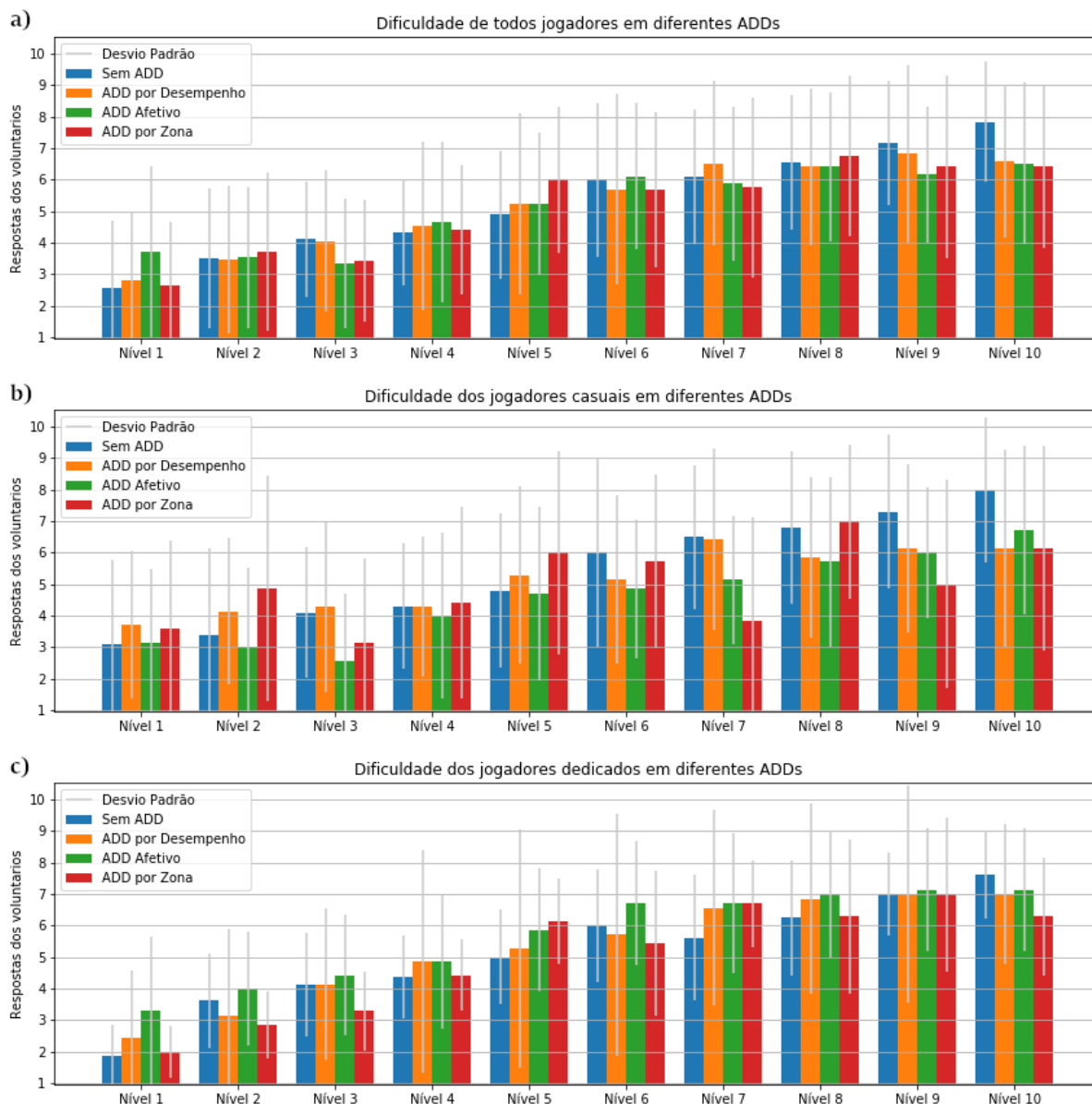


Figura 6.2: Comparação da dificuldade percebida pelos jogadores em cada nível em jogos com diferentes ADDs.

intenção do ADD é dificultar os níveis fáceis demais (e com isso fazendo o jogador passar mais tempo neles) e facilitar os excessivamente difíceis (tornando eles mais rápidos de se concluir). Essa relação se mantém na maior parte dos níveis dos jogadores casuais (gráfico B) mas é invertida nos jogadores dedicados (gráfico C) que jogaram o jogo com o ADD por Desempenho (nos últimos níveis a duração deles foi em média maior do que nos jogos sem ADD) mas isso não indica que a diversão deles foi menor nesse nível, pelo contrário como é mostrado a seguir.

Na Figura 6.4 vemos como a diversão dos jogadores é percebida a cada nível em

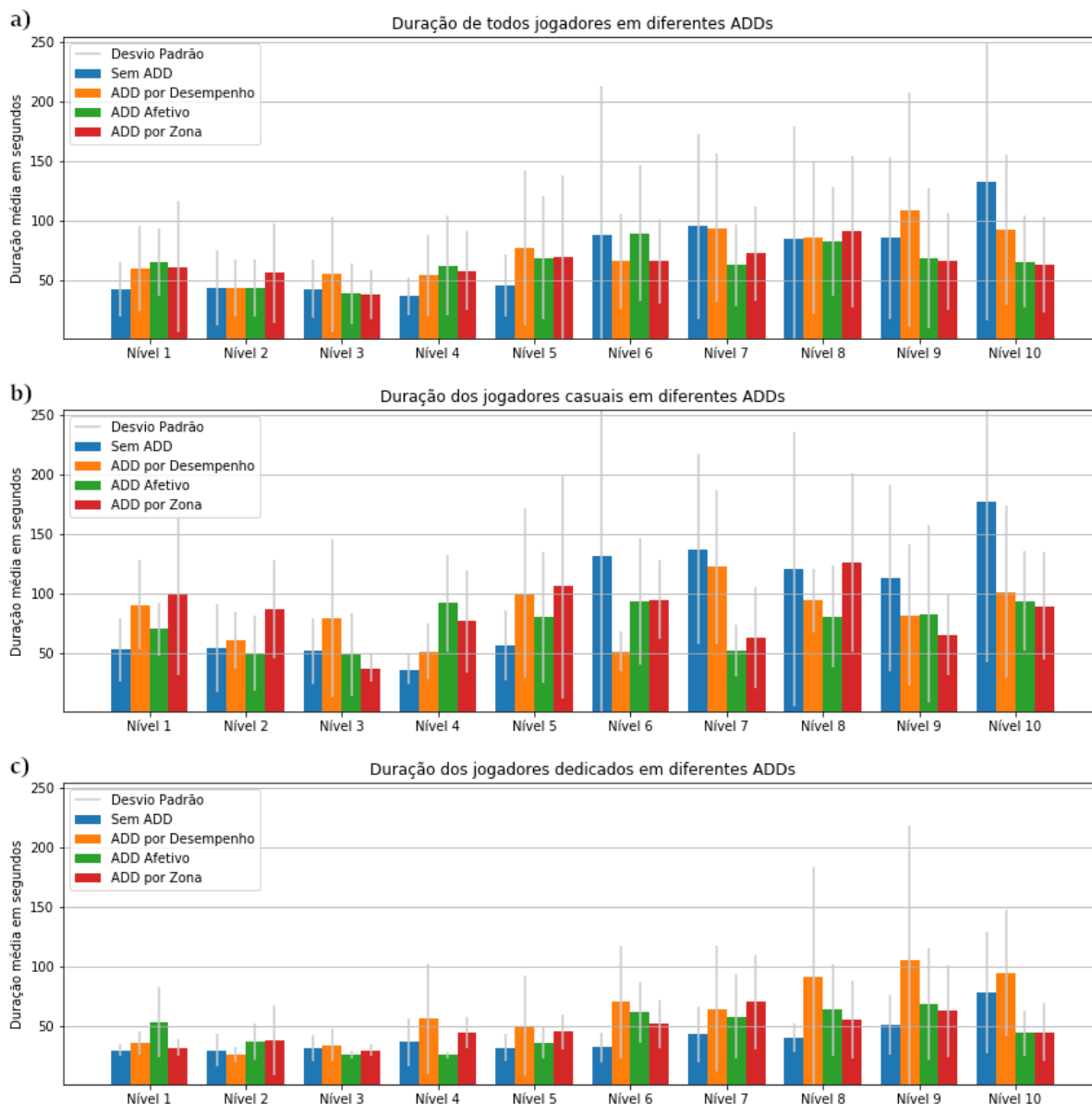


Figura 6.3: Comparação entre as durações de cada nível em jogos com diferentes ADDs.

diferentes grupos de jogadores. Podemos notar que nos primeiros níveis dos jogadores casuais (gráfico B) a diversão percebida pelos jogadores é mais alta nos jogos com ADD por Desempenho em relação aos outros jogos. Também podemos ver que, depois de alguns níveis, todos os ADDs conseguem ajustar a dificuldade para um bom nível de diversão entre os jogadores e, em geral, essa diversão é superior a percebida nos jogos sem ADD. Também conseguimos ver que os jogadores dedicados (gráfico C) que jogaram o jogo com ADD por Desempenho se divertiram mais em relação aos outros jogadores, já que sua média é maior em todos os níveis e o desvio padrão é pequeno em relação aos outros ADDs nos dois últimos níveis. Podemos ver que os desvios padrões nesses gráficos são

muito altos e isso mostra que a percepção de diversão varia muito entre os jogadores.

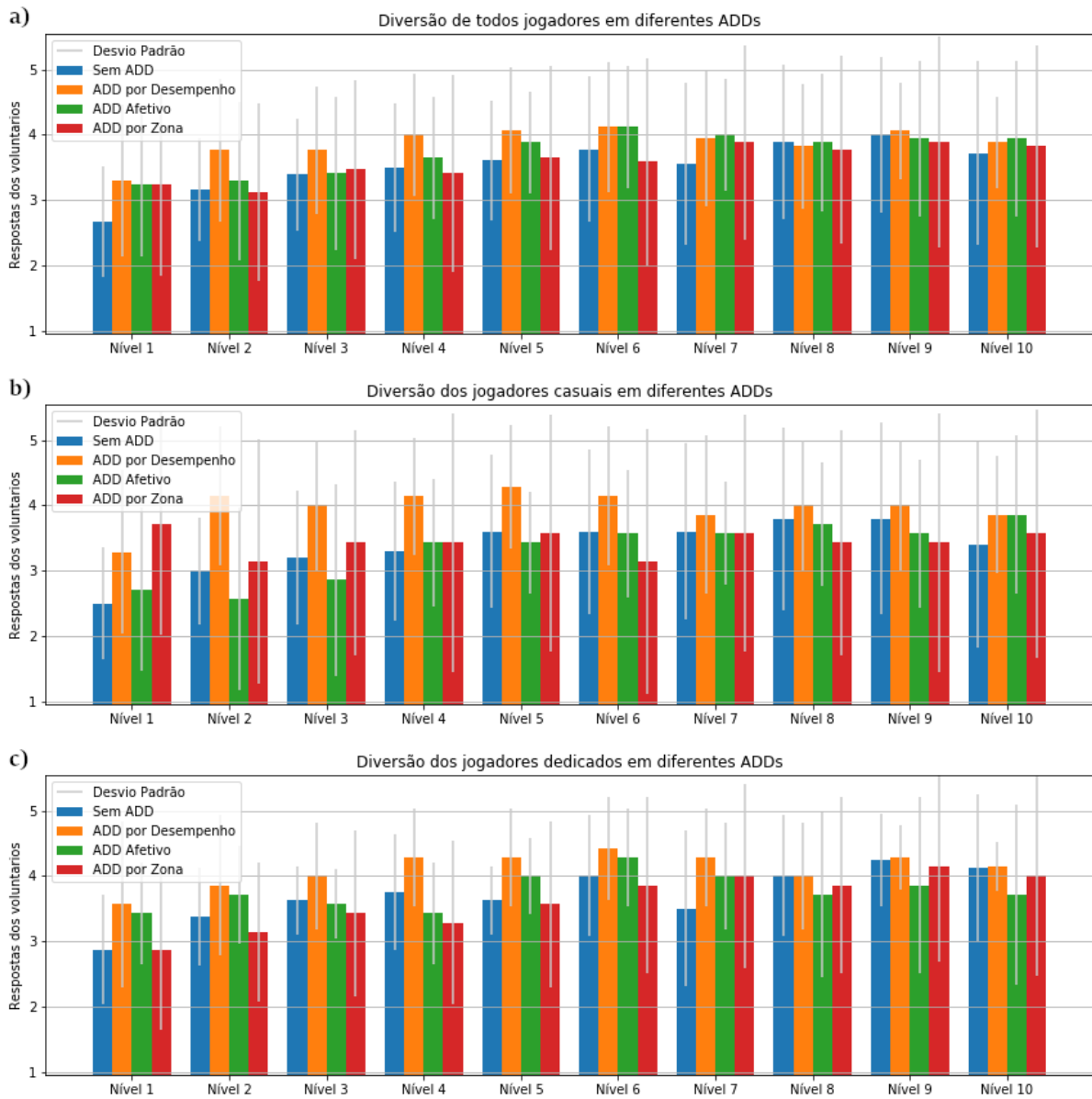


Figura 6.4: Diversão percebida em diferentes grupos de jogadores em cada nível em jogos com diferentes ADDs.

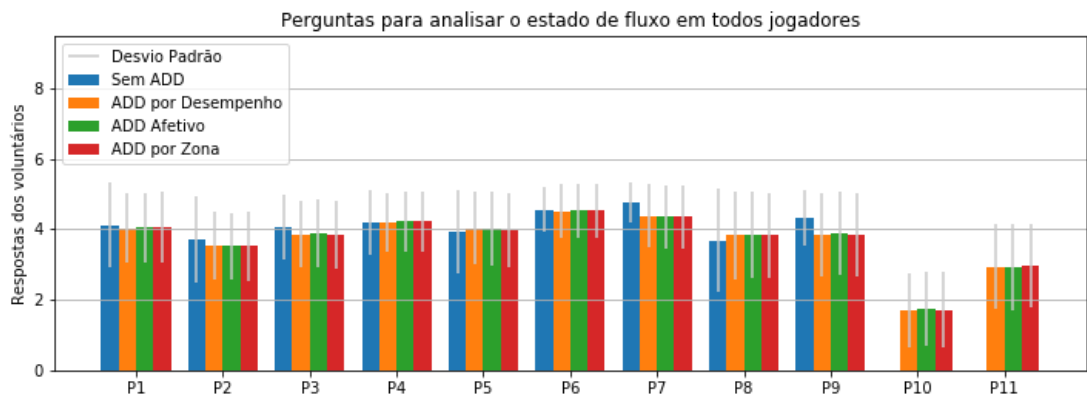
Na Figura 6.5 é apresentada as respostas de algumas perguntas feitas para os jogadores após eles terem jogado o jogo. Nas perguntas, são apresentadas algumas afirmações (P1–P11 mostradas no final da imagem) e os voluntários devem responder em uma escala de 1 a 5 se concordam com as afirmações, sendo que 1 significa que não concordam e 5 que concordam.

As perguntas P1–P9 foram feitas com o intuito de verificar se os jogadores entraram em estado de fluxo se baseando nas 7 características que definem o estado de Fluxo vistas

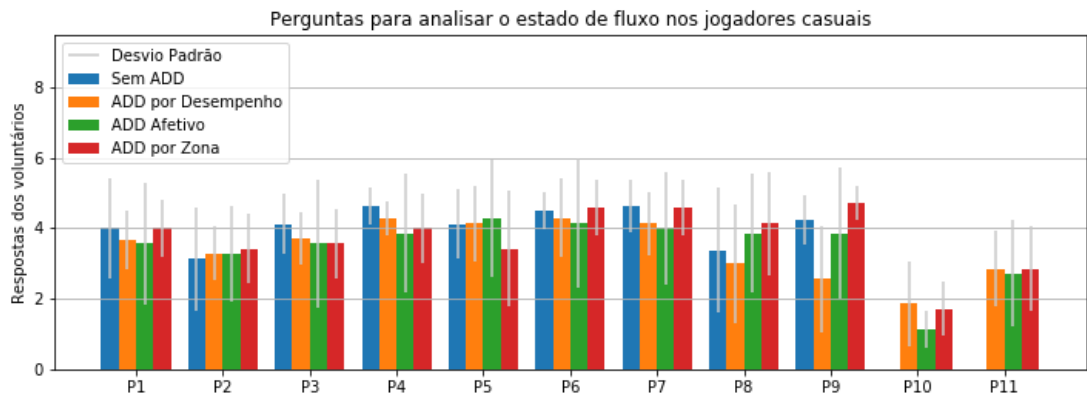
na Seção 2.3. As perguntas P10 e P11 foram feitas para verificar se a dificuldade do jogo estava bem balanceada entre diferentes modelos de ADD. Nessas duas últimas perguntas não temos nenhuma resposta dos voluntários que jogaram o jogo sem ADD porque essa pergunta não tinha sido elaborada ainda quando o teste foi feito com eles.

Não é possível ver grandes diferenças entre os diferentes ADDs olhando o gráfico A da Figura 6.5, que representa o comportamento de todos os jogadores em média. No gráfico B os jogadores casuais que jogaram o jogo com ADD por Desempenho possuem uma média menor nas perguntas P8 e P9 em relação aos outros ADDs, mostrando que o ADD por Desempenho talvez não foi tão eficiente em manter os jogadores casuais no estado de fluxo quanto os outros, mas como o desvio padrão é grande outros dados deveriam ser analisados melhor antes de se tomar essa conclusão. A pergunta P10 mostra que esses jogadores se divertiriam mais se o jogo fosse mais fácil em relação aos jogadores de outros ADDs, mas novamente não é possível garantir essa conclusão por causa do desvio padrão grande. No gráfico C podemos ver que nas perguntas P1–P9 o ADD por Desempenho e o ADD Afetivo possuem respostas em média superiores ao jogo sem ADD e no ADD por Zona, mostrando que talvez o uso do desempenho e da excitação tenha proporcionado aos jogadores dedicados entrem em estado de fluxo mais do que nos outros jogos. Também podemos ver nesse gráfico na pergunta P11 que os jogadores dedicados que jogaram o jogo com ADD Afetivo se divertiriam mais se o jogo estivesse mais difícil em relação ao ADD por Desempenho e o ADD por Zona, mostrando que o ADD Afetivo talvez não esteja adequado a proporcionar maiores desafios a jogadores mais habilidosos.

a)



b)



c)

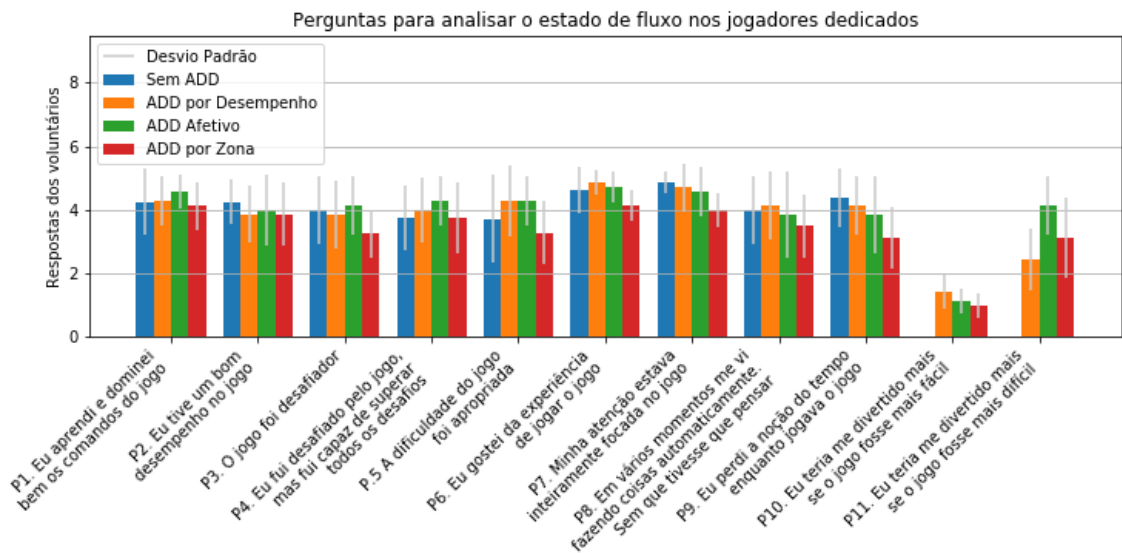


Figura 6.5: Perguntas feitas para avaliar o estado de fluxo em diferentes grupos de jogadores.

Capítulo 7

Conclusão

Fazer um método de ajuste dinâmico de dificuldade apresenta vários desafios. Natal [6] faz um ADD Híbrido para o jogo *Asteroids*, porém, apresenta algumas lacunas. O objetivo do presente trabalho foi dar continuidade ao trabalho de Natal e fazer um estudo de caso comparando os modelos de ADD por Desempenho e ADD Afetivo.

Algumas das melhorias feitas em relação ao trabalho de Natal foram: utilizar dados estatísticos para encontrar limiares de mortes e duração no nível que possam determinar diferentes desempenhos; utilizar um método para efetivamente encontrar a excitação do jogador e que também possa detectar quando não houve mudança de excitação significativa; criar uma metodologia para inferir a valência dos jogadores, encontrando uma zona ótima na qual a diversão é, em média, maximizada.

Foi então criado um modelo de ADD por Desempenho, que utiliza os dados de desempenho e da valência do jogador, e um ADD Afetivo, que utiliza os dados de excitação e valência do jogador. Também foi desenvolvido um ADD nomeado de ADD por Zona que utiliza apenas os dados da valência dos jogadores para poder melhor analisar o ganho de se utilizar o desempenho e a excitação dos jogadores nos ADDs por Desempenho e Afetivo respectivamente.

Com base no que foi apontado nos testes do Capítulo 6, podemos concluir que, para o conjunto de jogadores analisado, o ADD por Desempenho conseguiu facilitar mais rapidamente o jogo (diminuindo a velocidade dos asteroides) para os jogadores casuais aumentando a diversão deles, e dificultar mais a dificuldade dos jogadores dedicados nos níveis mais difíceis, também aumentando a diversão deles. Também foi encontrado que entre os jogadores dedicados, o ADD Afetivo não foi capaz de proporcionar uma experiência mais desafiadora como esses jogadores desejariam. Isso não indica, necessariamente, que o ADD Afetivo não seja um bom método para ADD. É possível que a definição utilizada para jogador dedicado também esteja incompleta. Se um jogador dedicado for definido como um jogador que, além de ter um alto desempenho em relação aos outros jogadores,

gosta de situações onde sua excitação é alta, isso pode justificar o porque do ADD Afetivo implementado não ter sido tão adequado para eles.

Também podemos concluir nesse trabalho que a divisão dos jogadores entre dedicados e casuais, de acordo com suas habilidades, possibilitou uma melhor interpretação dos dados para verificar a eficiência dos diferentes ADDs, como na Figura 6.5 na qual todos os jogadores possuem comportamento similar no gráfico A mas nos gráficos B e C conseguimos ver mais diferenças entre eles.

7.1 Trabalhos Futuros

Todos os resultados gerados no presente trabalho são relacionados ao jogo *Asteroids* que foi utilizado e é do gênero *Space Shooter*. Jogos de outros gêneros podem gerar diferentes resultados e pode ser interessante compará-los.

Para um trabalho futuro que também deseje fazer a distinção entre jogadores dedicados e casuais, é interessante propor mais níveis iniciais idênticos entre todos os jogos com diferentes ADDs para poder comparar melhor o tipo de jogador e assim obter uma melhor comparação entre os grupos de jogadores.

O desempenho e a excitação no presente trabalho só são calculados ao se terminar um nível. Talvez calculá-los durante o nível possa gerar resultados positivos. Essa melhoria não foi crítica nesse trabalho porque foi utilizado o conceito de Zona em todos os ADDs, possibilitando o ajuste de dificuldade durante o nível a cada morte (mas poderiam se ajustar mais rapidamente se o desempenho e a excitação também fossem calculadas durante o nível).

O ADD Afetivo não possuiu um resultados tão positivos quanto os resultados do ADD por Desempenho nesse trabalho. Talvez analisar se a excitação de um jogador cresceu no final do nível em relação ao início do nível não indique necessariamente que o jogador está frustrado com o jogo. Um fenômeno interessante encontrado na Seção 4.4.1 é que em alguns momentos, que podemos perceber que o jogador está claramente frustrado, podemos ver incrementos abruptos na EDA como na Figura 4.8. Também podemos verificar quedas abruptas em alguns momentos de tédio como na Figura 4.9. Assim, um ADD Afetivo que leve em consideração apenas esses momentos de mudança abrupta na EDA e que faça as adaptações de dificuldade no momento em que elas ocorrem, consiga melhores resultados em comparação aos do presente trabalho. Uma outra hipótese levantada foi que jogadores dedicados podem gostar mais de situações de alta excitação do que jogadores casuais e isso pode ser interessante de ser levado em consideração na implementação de outros métodos de ADDs Afetivos.

Referências

- [1] Russell, James A.: *A circumplex model of affect*. Journal of Personality and Social Psychology, 39(6):1161–1178, 1980, ISSN 1939-1315(ELECTRONIC),0022-3514(PRINT). ix, 7, 8
- [2] Chen, Jenova: *Flow in games (and everything else)*. Communications of the ACM, 50(4):31–34, 2007. ix, 1, 12, 13
- [3] Imre, Daniel: *Real-time analysis of skin conductance for affective dynamic difficulty adjustment in video games*, 2016. ix, 2, 8, 9, 10, 14, 16, 17
- [4] Rosa, Marcos Paulo Cayres: *Ajuste dinâmico de dificuldade híbrido em um jogo do gênero plataforma*, 2019. ix, 1, 2, 17, 18
- [5] Lopes, Isaac Moreira e Wagner Alberto Soares Junior: *Comparação entre modelos de ajuste dinâmico de dificuldade em um jogo do gênero plataforma/shooter*, 2019. ix, 2, 19, 20
- [6] Natal, Guilherme Victor Ramalho: *Uso de sensores no ajuste dinâmico de dificuldade híbrido em jogos*, 2018. <http://bdm.unb.br/handle/10483/21322>, acesso em 2019-11-10. ix, 2, 22, 26, 27, 33, 76
- [7] Inc., Empatica: *E4 wristband user's manual*, 2018. <https://empatica.app.box.com/v/E4-User-Manual>, acesso em 2019-11-22. ix, 34
- [8] Juul, Jesper: *The game, the player, the world: Looking for a heart of gameness*. PLURAIIS - Revista Multidisciplinar, 1(2), 2018, ISSN 2447-9373. <http://www.revistas.uneb.br/index.php/plurais/article/view/880>, acesso em 2019-10-29. 5
- [9] Caillois, Roger: *Man, play and games (m. barash, trans.)*. Champaign: University of, 1961. 5
- [10] Crawford, Chris: *The future of computer wargaming*. Computer Gaming World, 1(1), 1981. 5
- [11] David, Kelley: *The art of reasoning*. New York. W. W Norton and Company, 1988. 5
- [12] Salen, Katie e Eric Zimmerman: *Rules of play: Fundamentals of game design*. MIT Press Cambridge, 2003. 5

- [13] Silva, Tiago Barros Pontes e: *Reflexões sobre game design: o planejamento e a experiência de jogo.*, volume 1, páginas 17–48. CIESPAL, 1ª edição, 2016, ISBN 978-9978-55-153-0. https://www.academia.edu/32523646/Gameplay_ensaios_sobre_estudo_e_desenvolvimento_de_jogos. 6
- [14] *emotion – APA dictionary of psychology*. <https://dictionary.apa.org/emotion>, acesso em 2019-11-03. 6
- [15] Braithwaite, Jason J., Derrick G. Watson, Robert Jones e Mickey Rowe: *A guide for analysing electrodermal activity (EDA) & skin conductance responses (SCRs) for psychological experiments*. *Psychophysiology*, 49(1):1017–1034, 2013. 7, 8
- [16] Lang, Peter J.: *The emotion probe: Studies of motivation and attention*. *American Psychologist*, 50(5):372–385, 1995, ISSN 1935-990X(ELECTRONIC),0003-066X(PRINT). 8, 10
- [17] Wagner, Hugh L: *Social psychophysiology and emotion: Theory and clinical applications*. John Wiley & Sons, 1988. 8
- [18] Csikszentmihalyi, Mihaly: *Toward a psychology of optimal experience*. Em Csikszentmihalyi, Mihaly (editor): *Flow and the Foundations of Positive Psychology: The Collected Works of Mihaly Csikszentmihalyi*, páginas 4–5. Springer Netherlands, 2014, ISBN 978-94-017-9088-8. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8_14, acesso em 2019-11-03. 11
- [19] Pereira, Maria João da Costa: *Mihaly csikszentmihalyi. 2002. fluir: A psicologia da experiência Ótima. título original: Flow: The psychology of optimal experience (1990). nova iorque: Harper perennial. tradução de marta amado. lisboa: Relógio d'Água editores*. *Interações: Sociedade e as novas modernidades*, (3), 2002. 11
- [20] Cziksentmihalyi, Mihaly: *Flow – the psychology of optimal experience*. 1990. https://www.researchgate.net/profile/Mihaly_Csikszentmihalyi/publication/224927532_Flow_The_Psychology_of_Optimal_Experience/links/55ad6c2f08aed614b097b39e.pdf. 11