

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

ALEX GAUDENCIO

**DESENVOLVIMENTO DE JOGO COM BALANCEAMENTO DE
DIFICULDADE DINÂMICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2017

ALEX GAUDENCIO

**DESENVOLVIMENTO DE JOGO COM BALANCEAMENTO DE
DIFICULDADE DINÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, do Departamento Acadêmico de Informática, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Koscianski

PONTA GROSSA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE JOGO COM BALANCEAMENTO DE DIFICULDADE DINÂMICO

por

ALEX GAUDENCIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 06 de Dezembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. André Koscianski
Orientador

Prof. Dr. Augusto Foronda
Membro titular

Prof. Me. Clayton Kossoski
Membro titular

Prof^a. Dra. Helyane Bronoski Borges
Responsável pelo Trabalho de Conclusão
de Curso

Prof. Me. Saulo Jorge Beltrão de
Queiroz
Coordenador do curso

- A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Secretaria Acadêmica -

Dedico este trabalho à minha família, e
namorada por todo o apoio nos momentos
de dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Difícilmente eu consiga agradecer a todos que me auxiliaram e me apoiaram nessa jornada de estudos, porém quero deixar meus agradecimentos a todos os meus professores que se dedicaram muito em passar seu conhecimento adiante. Em especial ao Professor Dr. André Koscianski pela paciência e sabedoria compartilhada nesses anos.

Também gostaria de deixar registrado o agradecimento a minha família que desde o início me apoiou e incentivou nos estudos, priorizando os meus estudos e meu bem estar acima de tudo. Outra pessoa muito importante no desenvolvimento desse trabalho foi minha namorada, que me deu apoio e incentivo para concluí-lo.

"Uma lição sem dor não tem sentido.
Isso é porque você não pode ganhar
alguma coisa sem sacrificar algo em troca.
No entanto, uma vez que você suportou a
dor e venceu, você ganha um coração
que é mais forte do que todo o resto."
Isto é certo, um coração de aço."
(Hiromu Arakawa, 2001)

RESUMO

GAUDENCIO, Alex. **DESENVOLVIMENTO DE JOGO COM BALANCEAMENTO DE DIFICULDADE DINÂMICO**. 2017. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Os jogos eletrônicos estão sempre buscando uma maneira de inovar e se diferenciar no mercado, de maneira que atraia a atenção do jogador, seja com histórias mais elaboradas, ou um gráfico realista e em alta definição. Porém existe uma parte que nem sempre é percebida, a alteração do comportamento do jogo de acordo com as ações do jogador. Isso possibilita uma excelente maneira de deixar o jogo diferente, de forma que, sempre que for jogado novamente uma mesma fase, o jogo reaja de maneira diferente trazendo um novo desafio ao jogador. Uma maneira de realizar essa diferenciação é através do ajuste dinâmico de dificuldade, onde o jogo se adapta a cada jogador reagindo de maneira adequada ao grau de habilidade do mesmo. Esse projeto apresenta uma pesquisa sobre algumas dessas técnicas utilizadas para o ajuste dinâmico de dificuldade, onde algumas foram escolhidas e aplicadas em um jogo desenvolvido para a plataforma android. Buscando sempre um ajuste dinâmico de dificuldade de forma transparente ao jogador, onde se consiga atingir um estado de fluxo deixando o jogador satisfeito com os desafios propostos pelo jogo. O jogo apresentado possui o objetivo simples de adquirir o maior número de pontos possíveis por derrotar seus inimigos, antes de ser derrotado. O jogador controla um avião e deve atingir seus adversários, porém deve tomar cuidado e desviar dos projéteis inimigos. O ajuste foi aplicado no número de inimigos simultâneos que aparecem no cenário, de forma que o jogo apresente um desafio constante mas que condiz com as habilidades do jogador.

Palavras-chave: Jogos. Ajuste dinâmico. Dificuldade. Android. Teoria do fluxo.

ABSTRACT

GAUDENCIO, Alex. **DEVELOPMENT OF GAME WITH DYNAMIC DIFFICULTY BALANCING**. 2017. 36 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Computer Science) - Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Electronic games are always looking for a way to innovate and differentiate themselves in the marketplace, in ways that appeal to the player, whether with more elaborate stories or a realistic, high-definition graphics. However there is a part that is not always perceived, changing the behavior of the game according to the actions of the player. This allows a great way to leave the game different, so that whenever the same phase is played again, the game react differently bringing a new challenge to the player. One way to accomplish this differentiation is through the dynamic adjustment of difficulty, where the game adapts to each player reacting appropriately to the skill's level of the same. This project presents a research on some of these techniques used for the dynamic adjustment of difficulty, where some were chosen and applied in a game developed for the android platform. Always seeking a dynamic adjustment of difficulty in a transparent way to the player, where it can reach a state of flux leaving the player satisfied with the challenges proposed by the game. The game presented has the simple goal of acquiring as many points as possible by defeating your enemies before being defeated. The player controls an airplane and must hit his opponents, but he must take care and divert the enemy projectiles. The adjustment was applied to the number of simultaneous enemies that appear on the scene, so that the game presents a constant challenge but that matches the player's abilities.

Keywords: Games. Dynamic adjustment. Difficulty. Android. Flow Theory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Níveis de dificuldade em um Balanceamento Estático.....	17
Figura 2 - Níveis de balanceamento em um Balanceamento Dinâmico.....	18
Figura 3 - Jogador.....	24
Figura 4 - Diagrama de classe inimigos.....	25
Figura 5 - Inimigo Forte.....	26
Figura 6 - Inimigo Fraco.....	27
Figura 7 - Inimigo Zigue Zague.....	27
Figura 8 - Inimigo Que Segue.....	28
Quadro 1 - Relação Estresse x Número de Inimigos.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS

API	Application Programming Interface
FPS	First Person Shooter
NPC	Non Player Character
IDC	International Data Corporationi
IDE	Integrated Development Envioronment

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
2 BALANCEAMENTO EM JOGOS.....	16
2.1 BALANCEAMENTO ESTÁTICO.....	17
2.2 BALANCEAMENTO DINÂMICO.....	18
3 TRABALHOS RELACIONADOS.....	20
3.1 HAMLET - MANIPULAÇÃO DE PARÂMETROS.....	20
3.2 SCRIPTS DINÂMICOS.....	21
4 DESENVOLVIMENTO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	22
4.1 FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS MÓVEIS.....	22
4.1.1 Android Studio.....	22
4.1.2 LibGDX.....	23
4.1.3 Mídias Utilizadas no Jogo.....	23
5 O JOGO.....	24
5.1 JOGADOR.....	24
5.2 INIMIGO.....	25
5.2.1 Inimigo Forte.....	26
5.2.2 Inimigo Fraco.....	26
5.2.3 Inimigo Zigue Zague.....	27
5.2.4 Inimigo Que Segue.....	28
5.2.5 Informações Adicionais.....	29
6 APLICANDO O AJUSTE DINÂMICO DE DIFICULDADE.....	30
6.1 CALCULANDO O ESTRESSE.....	30
6.2 APLICANDO O ESTRESSE.....	31
7 RESULTADOS OBTIDOS.....	33
8 CONCLUSÃO.....	34
8.1 TRABALHOS FUTUROS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

Desde a Antiguidade, o ser humano se lançou em desafios como uma forma de relaxamento, auto contemplação, ou uma tentativa de preencher seus momentos de ócio; acredita-se que destas circunstâncias, nas épocas mais remotas da civilização, surgiram os jogos que promoviam a superação de dificuldades e obstáculos, e assim com o passar do tempo esses desafios foram se adaptando e evoluindo junto com a tecnologia .

Os jogos eletrônicos foram (e continuam sendo) um avanço considerável para os humanos, seja na própria casa, num banco da praça ou em outros ambientes, podem enfrentar desafios múltiplos, como: vencer batalhas épicas, matar inimigos poderosos ou enfrentar fantasmas; tudo sem que tenham sua integridade física ameaçada.

A tecnologia permite que os *designers* e desenvolvedores de jogos, nas suas mais variadas temáticas e enredos, possam desenvolver jogos que atraiam a atenção e o interesse dos aficionados, de modo que não os desmotive com tarefas impossíveis de serem cumpridas, muito menos que provoque certa apatia por missões que não ofereçam desafios, perigos e riscos. Quando se está jogando é necessário concentração na tarefa que está sendo executada, com objetivos claros e que desafiem as habilidades do jogador.

A psicologia explica que a distração e o lazer do ser humano, com atividades que lhe tragam prazer e satisfação, são tão importantes para a sua realização pessoal tanto quanto profissional, pois aumentam sua autoestima e seu poder cognitivo. Isso nos leva à Teoria do Fluxo (*Flow Theory*) (CSIKSZENTMIHALYI, 1990), onde mostra-se que quando indivíduos apresentam estados mentais ótimos, ocorre a felicidade, que são caracterizados pela concentração total, onde o indivíduo nem percebe o passar do tempo e tem uma motivação para executar determinada tarefa, sendo assim, para atingir um estado de “*flow*” é necessário equilibrar a dificuldade das tarefas a serem executadas com as habilidades do indivíduo.

Um jogo eletrônico é um sistema que representa um pedaço da realidade, assim como pinturas, esculturas, filmes e músicas. Porém, ele se diferencia devido à sua interação: em um filme o caminho percorrido até o final sempre será o mesmo, independente de quantas vezes ele seja assistido; já em um jogo eletrônico pode haver diversos caminhos e escolhas diferentes que levem ao seu final, fazendo

assim com que o jogador possa tomar decisões e participar, não sendo apenas um espectador. A partir dessa interação surgem os conflitos, pois jogos geralmente trazem algum objetivo, como atravessar um obstáculo, por exemplo. Esse conflito é fundamental nos jogos, pois ele traz desafio ao jogador, e deixa o jogo mais interessante. Onde há o conflito sempre há o perigo, e com o perigo vem o prejuízo (CRAWFORD, 1982), mas esse perigo não é nocivo ao jogador, pois os jogos eletrônicos são apenas uma representação da realidade, sendo possível realizar guerras sem derramar sangue, ou seja, um jogo eletrônico é um método de enfrentar perigos e confrontos de forma segura e sem perdas. Podemos resumir que existem basicamente quatro fatores comuns nos jogos, independente do gênero, são eles: representação, interação, conflito e segurança.

Um dos pontos mais importantes em jogos é o conflito, pois todo jogador sempre busca desafios adequados, e com isso chegamos ao problema do balanceamento dos jogos, criando mecanismos que desafiem adequadamente o jogador evitando entediá-lo com tarefas triviais ou frustrá-lo com tarefas impossíveis (ANDRADE, 2006).

É possível encontrar vários autores falando sobre a importância de um bom balanceamento em jogos (MONTEIRO, 2006). O nível de desafios influencia na satisfação do jogador (SWEETSER; WYETH, 2005) e é considerado determinante para o sucesso do jogo pela comunidade desenvolvedora (FALSTEIN, 2004) e, segundo (YANNAKAIS; HALLAM, 2005) é uma das principais métricas do interesse do jogador.

Tradicionalmente esse balanceamento é realizado de forma estática onde, durante o desenvolvimento do jogo são definidos níveis de dificuldades que passam por diversos testes e ajustes até um resultado satisfatório, o que abrange um grande número de jogadores, mas como todos possuem habilidades e conhecimentos diferentes é impossível com níveis pré definidos trazer o desafio ideal à todos. Para resolver esse problema é utilizado um método que se adapta automaticamente a cada usuário de acordo com sua interação com o jogo, criando mecanismos que avaliam as habilidades de cada jogador e regulem a dificuldade evitando a frustração e o aborrecimento (ANDRADE, 2006).

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um jogo e a aplicação do balanceamento dinâmico, o que possibilita que nível de dificuldade do jogo possa se modificar e adaptar de acordo com o desempenho do jogador, também se espera

que essas alterações ocorram de forma suave e sem que o jogador as perceba, evitando assim um certo “choque” da mudança entre as dificuldades.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral é desenvolver para a plataforma *android* um jogo adaptativo à dificuldade de cada jogador, de modo a oferecer um desafio constante que deixe o jogador interessado.

Objetivos específicos:

- Conhecer os métodos existentes e usados para o ajuste dinâmico de dificuldade;
- Aplicação da teoria do fluxo;
- Pesquisar e escolher as ferramentas disponíveis para o desenvolvimento na plataforma *android*;
- Modelar o jogo e planejar seu desenvolvimento;
- Desenvolver o jogo;
- Tornar o jogo dinâmico utilizando os métodos escolhidos;

A dificuldade de um jogo depende da relação entre as habilidades do jogador e os desafios oferecidos. Neste projeto é proposto o desenvolvimento de um jogo que utilize o balanceamento dinâmico, assim colocando em prática a teoria do fluxo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Desenvolver um jogo que seja interessante e adaptável ao jogador é importante, pois ao criá-lo é preciso inovar e diferenciar, e uma boa forma de fazer isto é realizando o ajuste de dificuldade dinamicamente.

Outro fator importante é que o *android* tem sido uma plataforma muito utilizada onde aproximadamente 85% de *smartphones* no mercado são *androids*, sem contar os demais dispositivos que o utilizam (*Smart TVs*, automóveis, etc)

(SMARTPHONE OS, 2017) e com isso o desenvolvimento para esta plataforma tem sido uma das grandes tendências. Ao desenvolver para *android* é necessário ter cuidado pois os recursos disponíveis são mais limitados em relação a um computador ou um vídeo game, com isso o ajuste tem que ser sutil e sem comprometer o desempenho do jogo.

2 BALANCEAMENTO EM JOGOS

Um dos aspectos mais importantes para o desenvolvimento de jogos é a sua capacidade de entretenimento, e o nível dos desafios propostos. Para obter resultados satisfatórios é necessário realizar um balanceamento entre a dificuldade imposta e a dificuldade apresentada pelo jogador. Duas opções para gerenciar isso são os ajustes estáticos e os dinâmicos de dificuldade.

Para balancear não basta definir um nível mediano de desafio (ANDRADE, 2006), mas sim considerar a evolução do usuário, pois cada jogador possui habilidades distintas. Um jogo pode ser extremamente fácil para alguns e extremamente difícil para outros, no mesmo nível de dificuldade, o que gera a necessidade de vários níveis pré definidos (balanceamento estático) ou uma adaptação em tempo real onde cada ação do jogador pode influenciar na dificuldade (balanceamento dinâmico).

Adentrando no conceito de Teoria do Fluxo (*Flow Theory*) de Csikszentmihalyi (1990), é identificado que para proporcionar satisfação a uma pessoa são necessários alguns elementos. Esses elementos que incentivam uma pessoa a ver um filme, jogar futebol, ou vencer uma corrida. Alguns desses elementos estão descritos abaixo:

- Imersão: quanto mais envolvido com o ambiente sem distrações exteriores, maior será a satisfação;
- Concentração: quanto mais a tarefa exigir sua atenção maior será a imersão;
- Objetivo: deve ter uma meta a ser atingida, um alvo a ser alcançado, algo que gere desafio mas de uma forma que o jogador consiga superar;
- Desafio: sempre é necessário estar desafiando o jogador para que ele queira continuar indo mais longe no jogo, e se sinta satisfeito ao vencer;

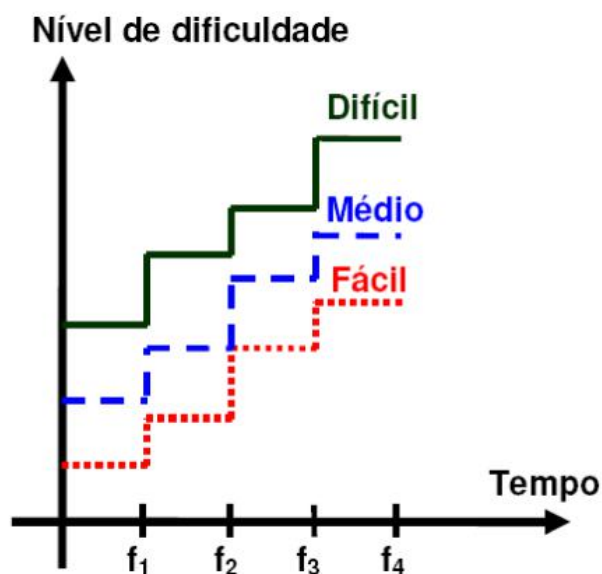
Assim pode-se dizer que o ajuste da dificuldade está diretamente relacionada ao entretenimento oferecido, pois a regulagem desse atributo é quem irá definir se o jogo é desafiador ou frustrante. Nenhum jogador deseja passar horas jogando algo que não lhe proporcione diversão, apenas se sentindo frustrado por não possuir habilidades suficientes para superar o desafio.

2.1 BALANCEAMENTO ESTÁTICO

O balanceamento estático ou abordagem tradicional de balanceamento, é baseado em níveis de dificuldades (fácil, médio, difícil) que precisam ser definidos enquanto o jogo esta sendo produzido. Desse modo existem níveis para diferentes perfis de jogadores, e cada um escolhe o que mais se adapta antes do início. Definido um nível, o mesmo se manterá durante o jogo até que o jogador o mude, por exemplo, se inicia o jogo no modo fácil então todos os inimigos enfrentados serão mais fracos, ou existirão menos desafios no trajeto.

Considerando um jogo que possua fases como objetivos, ao completar cada fase existe um nivelamento de dificuldade que age em forma de escada, de modo a sempre desafiar e incentivar o jogador a evoluir. Isso também evita que o jogador consiga finalizar o jogo realizando pouco esforço.

Figura 1 - Níveis de dificuldade em um Balanceamento Estático



Fonte: Andrade, 2006

As técnicas utilizadas nesse método consistem em definir as regras do jogo e suas interações de uma maneira equilibrada, sendo que essas regras são invariantes no tempo (ROLLINGS; ADAMS, 2003). Se uma arma no nível fácil começa com dano 50 ela possuirá esse dano até o fim do jogo, sem ocorrer variações em sua força. Com isso é possível certificar-se de que o jogo é justo que sempre trará um desafio ao jogador.

As desvantagens dessa técnica é que como suas regras são definidas em tempo de projeto, os jogadores que possuem um perfil diferente do padrão poderão não se adequar aos níveis propostos. Cada jogador possui um método de aprendizado diferente, o que modifica o nível de evolução de cada pessoa durante o progresso no jogo. O ajuste de moda estática geralmente afeta apenas os atributos dos personagens, então apesar de se tornar um inimigo "forte" ele continua um inimigo "burro".

2.2 BALANCEAMENTO DINÂMICO

De modo diferente do balanceamento estático, o balanceamento dinâmico realiza modificações em atributos durante o jogo, enquanto o jogador está interagindo com o ambiente, e não apenas no momento do desenvolvimento. Utiliza-se de mecanismos que estão sempre identificando a habilidade do jogador e, automaticamente, atualizando a dificuldade para o seu nível de habilidade (ANDRADE, 2006).

A figura 2 mostra como é realizado esse balanceamento dinâmico, onde:

- Muito difícil: jogador não consegue superar;
- Muito fácil: jogo não trás desafios ao jogador;
- Balanceado: situação ideal, não previsível;

Figura 2 - Níveis de balanceamento em um Balanceamento Dinâmico



Fonte: Andrade, 2006

Ao ajustar a dificuldade dinamicamente é preciso tomar cuidado com outro componente que sempre frustra os jogadores, a previsibilidade. O ideal é intercalar

momentos difíceis com momentos menos desafiadores de modo que estimule o jogador a evoluir sem perder o interesse no jogo.

É necessário medir o nível de dificuldade que se está enfrentando em dado momento, para ser possível decidir onde deverá ocorrer o ajuste, essa medida pode ser realizada de forma heurística denominada de função de desafio (ANDRADE, 2005).

A função de desafio esta constantemente sendo usada ao decorrer do jogo, por isso é importante ela ser simples para não impactar no desempenho do jogo, mesmo que isso signifique dar um resultado não ótimo, para isso podem ser baseadas em heurísticas. Para realizar o cálculo podem ser usados alguns atributos como: tempo para completar uma tarefa, quantidade de vida perdida, quantidade de pontuação adquirida. Cada jogo exige uma análise mais profunda para definir quais os atributos mais importantes a serem analisados. Para reconhecer qual a necessidade de adaptação, a função retorna um valor no intervalo $[-1, 1]$ onde quanto mais próximo de:

- -1: O jogo está muito fácil;
- 0: Balanceamento perfeito;
- 1: O jogo está muito difícil;

Com o resultado é possível realizar a adaptação para vir a oferecer desafios adequados, oferecendo sempre uma rápida e contínua adaptação de modo que o jogo não apresente mudanças bruscas e não faça movimentos proibidos (trapaça).

Algumas desvantagens de se utilizar o balanceamento dinâmico são: dificuldade em incentivar a aprendizagem do jogador, deixando-o acomodado. Com o ajuste dinâmico a cada fase nova é exigido um nível de habilidade mínimo para cada jogador. Se não for bem adequado o ajuste é possível que um jogador iniciante consiga vencer todos os desafios sem ter evoluído nada. A melhor abordagem seria combinar o método estático com o dinâmico, de forma que estimule o aprendizado dos jogadores sem ser tedioso ou frustrante para os que estão fora do padrão.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Existem trabalhos relacionados encontrados na literatura para o balanceamento dinâmico de jogos, algumas dessas abordagens serão apresentadas neste capítulo.

3.1 HAMLET - MANIPULAÇÃO DE PARÂMETROS

Hunicke e Champman (2004) desenvolvem um sistema, chamado Hamlet, com o objetivo de ajustar dinamicamente a dificuldade de um jogo realizando uma manipulação automática dos parâmetros para ajustar os desafios de acordo com o nível do jogador (HUNICKE; CHAPMAN, 2004). Utiliza uma visão econômica, classificando os parâmetros entre os de oferta e os de demanda:

- Atributos: pontos de vida, defesa, velocidade;
- Itens: munição, vida, carros;
- Vida e quantidade de inimigos encontrados;
- Quantidade de itens encontrados.

Nesse estudo de caso os autores utilizaram um jogo de tiro em primeira pessoa (*First Person Shooter* - FPS), onde é calculado periodicamente utilizando métodos estatísticos as chances de o jogador falhar, e com isso descobrem a necessidade de ajustar o jogo para o nível do jogador. Por exemplo, se o jogo estiver muito difícil então as armas do jogador passam a causar mais dano, e a precisão dos inimigos diminui, tudo isso para ajudar a melhorar o desempenho do jogador, mas sempre mantendo cuidado para que essas manipulações não sejam exageradas e visíveis.

Apesar de ser um método simples e fácil de ser aplicado, precisa-se tomar cuidado com a manipulação dos parâmetros para que não deixe o jogo fora da realidade. Uma desvantagem dessa abordagem é que apesar de ser eficiente em um jogo de tiro de primeira pessoa em um jogo de tabuleiro, por exemplo, onde as peças não possuem "força" e nem se pode diminuir ou aumentar o número de inimigos, não é possível aplicar esta abordagem.

3.2 SCRIPTS DINÂMICOS

Essa prática é bastante utilizada na indústria de jogos, descrevendo o comportamento de agentes (*non-player character* - NPCs) utilizando bases de regras do tipo condição-ação. Cada regra possui um peso associado que indica o quão boa a regra é, e também a probabilidade de ser escolhida. Em tempo de execução do jogo os pesos das regras são atualizados através de técnicas de aprendizagem de máquina. Quando uma técnica escolhida possui um bom resultado o seu peso aumenta, se for um resultado ruim o peso é diminuído.

Os autores propõem três diferentes abordagens:

- *High-Fitness Penalising*: atualiza as regras de acordo com a adaptação do usuário, fazendo com que nem sempre as regras escolhidas sejam as mais eficientes, mas sim a mais fácil, ou seja, se o jogador tiver um péssimo desempenho então as piores técnicas terão pesos maiores.
- *Weight Clipping*: Define um limite máximo para o peso das regras, fazendo com que as melhores regras parem de aumentar ao se atingir um limite. Para deixar o jogo mais fácil basta diminuir o valor do limite do peso, e para torná-lo mais difícil basta aumentá-lo. Após várias repetições, esta abordagem apresenta um comportamento similar a uma escolha aleatória de ações.
- *Top Culling*: Segundo os próprios autores é a mais eficiente para a tarefa de balanceamento dinâmico e consiste em criar um limite máximo de peso para a escolha das regras. As regras escolhidas podem continuar sendo incrementadas, podendo ficar com um peso superior ao limite imposto. As com pesos maiores que o limite não poderão ser escolhidas, e é possível torná-lo mais fácil ou mais difícil alterando o valor do limite.

À medida que a complexidade do jogo aumenta, são necessárias várias regras de comportamento, como todas essas regras são criadas manualmente, é um processo difícil de construção e manutenção e se torna sujeita a erros. Também é possível surgirem regras não previstas no desenvolvimento, deixando lacunas na sua implementação.

4 DESENVOLVIMENTO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

Ao desenvolver um software para dispositivos móveis é necessário levar em consideração alguns quesitos importantes, como limitações de recursos, experiência de uso, variedade de sistemas operacionais e atualizações.

Devido aos diferentes sistemas operacionais e a variedade dos dispositivos, alterando a configuração de hardware e tamanhos de tela, pode ocasionar a necessidade do desenvolvimento de diferentes versões da mesma aplicação. Além disso a plataforma *android* passa por constantes atualizações o que gera a necessidade de constante manutenção do aplicativo.

4.1 FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS MÓVEIS

Existem diversas ferramentas que facilitam o desenvolvimento para dispositivos móveis, cada uma delas possuindo vantagens e desvantagens, sendo necessário avaliar qual melhor se adapta ao aplicativo proposto.

Neste trabalho será desenvolvido um jogo para a plataforma android, por ser uma das mais utilizadas no mundo, segundo dados do IDC(International Data Corporation) (SMARTPHONE OS, 2017) em 2017 o android está presente em 85% dos smartphones ao redor do mundo, sem considerar outros dispositivos que utilizam o android(Smart TV, automóveis, etc).

4.1.1 Android Studio

É um ambiente de desenvolvimento integrado(IDE) desenvolvido especificamente para *android*, e com isso utiliza uma linguagem de programação específica para o *android*(JAVA) se tornando uma ferramenta de desenvolvimento nativo, além disso é disponibilizado gratuitamente. Desse modo é uma ótima ferramenta para aplicações voltadas para *android*, porém caso haja a necessidade de implementação para múltiplas plataformas, a aplicação deve ser desenvolvida separadamente para cada uma delas.

Por outro lado aplicações nativas possuem fácil acesso a APIs oferecidas pela plataforma, e recursos dos dispositivos, como por exemplo, câmera, GPS, contatos, etc. É a ferramenta oficial para desenvolvimento de aplicativos android, e é recomendada pelo Google (MATOS; SILVA, 2016).

4.1.2 LibGDX

Para o desenvolvimento utilizou-se a linguagem de programação JAVA, em conjunto com o *framework* para desenvolvimento de jogos libGDX (BAD LOGIC GAMES, 2013) que fornece diversos recursos úteis. É uma ferramenta gratuita que permite desenvolver jogos para *desktop* e *androids* de maneira a reaproveitar o código, sem a necessidade de criar duas versões diferentes.

4.1.3 Mídias Utilizadas no Jogo

Os arquivos de imagens e sons utilizados no desenvolvimento do jogo foram adquiridos do site *Open Art Game* (OPEN ART GAME, 2017), onde diversos artistas disponibilizam seus trabalhos de forma pública, permitindo a sua utilização e reprodução.

5 O JOGO

O trabalho propõe um jogo de plataforma em 2D, onde o jogador controla um avião e seu objetivo é acumular o maior número de pontos. Os pontos são obtidos ao acertar um projétil em um inimigo, ou destruí-lo. Também é necessário desviar dos projéteis inimigos, pois o jogador possui um número limitado de vidas, que ao se esgotarem o jogo termina.

Existem poucos personagens, sendo eles: o avião controlado pelo jogador, e os aviões inimigos que são divididos em 4 (quatro) tipos (inimigo fraco, inimigo forte, inimigo zigue zague e inimigo que segue).

5.1 JOGADOR

O jogador consegue controlar seu avião por botões desenhados na tela, possuindo duas ações diferentes:

- **Movimentação:** permite que o personagem se movimente em 4 (quatro) direções (direita, esquerda, frente, trás);
- **Atirar:** dispara um projétil da ponta do avião, que ao atingir o personagem inimigo faz com que ele perca energia. Se a energia do inimigo chegar a zero, então ele é destruído;

Figura 3 - Jogador



Fonte: Adaptado de Yadav, 2015

No início da fase, o jogador possui 3 vidas, sendo que cada vida possui 10 pontos de energia, quando a energia chega a zero perde-se uma vida, e ao perder todas as vidas o jogo termina.

É possível o jogador disparar um projétil que ao atingir um inimigo causa 1 de dano (faz com que o inimigo perca 1 energia), e possui o dobro de velocidade comparado com os projéteis dos inimigos. A velocidade em que o jogador se movimenta também é mais rápida que os inimigos, porém o inimigo que segue é apenas uma unidade de medida mais lento.

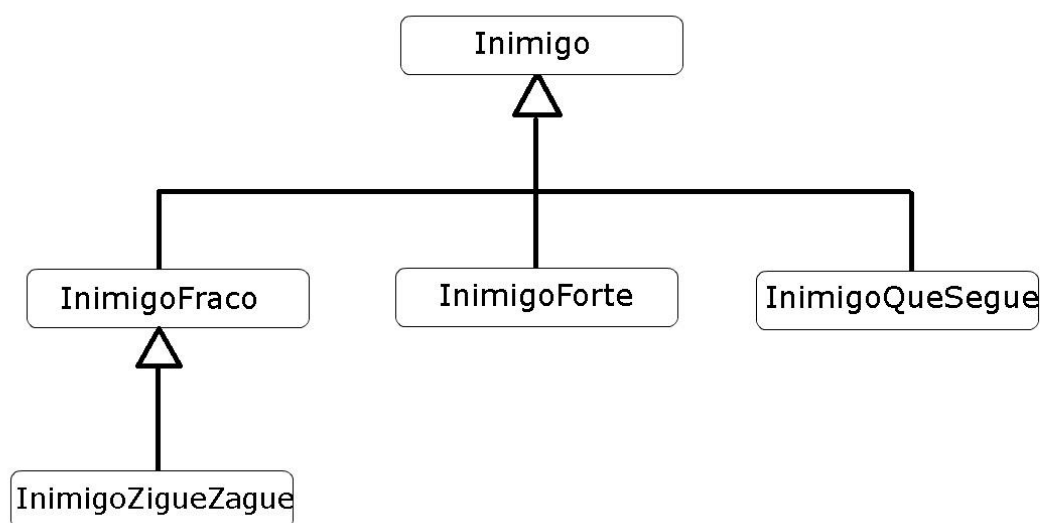
5.2 INIMIGO

Para evitar que o jogo ficasse monótono contendo apenas um tipo de inimigo, foram definidos quatro tipos, com características e comportamentos distintos. Com isso é apresentado um nível de desafio maior ao jogador, estimulando-o a querer superar todos eles. Os quatro tipos de inimigos definidos foram:

- Inimigo forte;
- Inimigo fraco;
- Inimigo zigue zague;
- Inimigo que segue;

Observando algumas semelhanças entre os inimigos, verificou-se que era possível utilizar o conceito de herança, o que torna o código mais compacto e reutilizável.

Figura 4 - Diagrama de classe inimigos



Fonte: Autoria própria

5.2.1 Inimigo Forte

É um avião maior e mais lento que se move apenas em linha reta e é facilmente atingido pela jogador, porém é o inimigo que possui mais energia (inicia com 10 pontos de energia), sendo necessário o jogador acertar diversos projéteis para destruí-lo.

Dispara projéteis que causam 1 de dano ao jogador, e a frequência de seus disparos é mais lenta que os demais inimigos.

Figura 5 - Inimigo Forte



Fonte: Adaptado de Yadav, 2015

Por ser lento acaba se tornando o segundo inimigo mais fácil de se enfrentar, sendo que a maior dificuldade que apresenta ao jogador é sua resistência elevada, podendo servir de escudo para os outros inimigos. Ao derrotar esse inimigo, o jogador conquista um total de 65 pontos, sendo 15 por destruir o inimigo, e 5 por cada projétil que atingir, ou seja, além de ser o mais fácil de se esquivar e prever seus ataques, também é o que concede mais pontos ao jogador por abate.

5.2.2 Inimigo Fraco

De forma parecida ao inimigo forte, este inimigo também se movimenta apenas em linha reta, porém sua velocidade aumenta, sendo o dobro do anterior. A frequência de seus disparos é maior, ou seja, dispara projéteis mais rapidamente, e esses projéteis causam 1 de dano ao jogador.

Figura 6 - Inimigo Fraco

Fonte: Adaptado de Yadav, 2015.

A fraqueza desse inimigo está em sua energia, onde possui apenas 3 pontos, ou seja, o jogador precisa acertar três projéteis para o destruir. Cada inimigo fraco abatido concede ao jogador 30 pontos, sendo 15 por abate e 5 por cada projétil acertado. Dessa forma este inimigo acaba se tornando o mais fácil de ser enfrentado pelo jogador, sendo destruído rapidamente.

5.2.3 Inimigo Zigue Zague

Esse inimigo possui movimentos diferentes, voando de um lado para o outro do cenário se tornando um alvo mais difícil de ser acertado. Sua energia e velocidade são exatamente as mesmas do inimigo fraco, sendo necessário o jogador acertar apenas três projéteis para o destruir, e dessa forma adquirir 30 pontos, sendo, 15 por abate e 5 por cada projétil acertado.

Figura 7 - Inimigo Zigue Zague

Fonte: Adaptado de Yadav, 2015

Por possuir um movimento diferenciado e ser mais difícil acertá-lo, os 30 pontos adquiridos por sua destruição acabam sendo pouco por todo o esforço enfrentado, porém a satisfação de vencer um inimigo mais desafiador acabam compensando o jogador, fazendo com que a vontade de derrotar esse inimigo seja

maior do que a vontade de derrotar o inimigo forte, que concede mais pontos e seria mais fácil.

5.2.4 Inimigo Que Segue

O mais rápido e desafiador dos inimigos, pois possui uma inteligência maior que os outros sendo capaz de acompanhar os movimentos do jogador, se tornando assim um dos mais difíceis de se acertar e de se esquivar.

Possui uma velocidade muito parecida com a do jogador, conseguindo facilmente realizar um movimento “espelhado” copiando cada passo do jogador, além disso possui 5 pontos de energia e sua frequência de disparos é maior, sendo o inimigo que dispara mais rapidamente.

Figura 8 - Inimigo Que Segue



Fonte: Adaptado de Yadav, 2015

Ao ser destruído concede ao jogador um total de 40 pontos, sendo 15 por abate e 5 por cada projétil do jogador acertado, e também se torna muito desafiador para o jogador de forma que faz ele querer derrotar esse inimigo o mais rápido possível.

É o único inimigo que de fato “conhece” o jogador, conseguindo assim mirar seus disparos, sendo que os demais inimigos apenas disparam sem um alvo específico, tornando assim os disparos desse inimigo mais precisos e perigosos para o jogador.

5.2.5 Informações Adicionais

Sempre que é necessário adicionar um novo inimigo no cenário é realizado um sorteio aleatório entre quatro números, o resultado desse sorteio define qual dos inimigos deve ser adicionado ao jogo.

Essa variedade de inimigos faz com que o jogador necessite se adaptar e reagir de forma adequada contra cada um deles, fazendo com que o desafio proposto pelo jogo aumente. Também exige uma certa habilidade do jogador para reagir no tempo correto, tudo isso sempre com um objetivo claro para o jogador, que é destruir seus inimigos. Dessa forma atendemos os requisitos mencionados anteriormente relacionados à teoria do fluxo (CSIKSZENTMIHALYI, 1990), sendo possível entreter o jogador mesmo antes de ter aplicado o ajuste dinâmico do jogo.

6 APLICANDO O AJUSTE DINÂMICO DE DIFICULDADE

Neste ponto temos o jogo completo, porém utilizando o balanceamento estático de dificuldade, onde mesmo trazendo desafios ao jogador, eles sempre serão os mesmos.

Para se realizar o ajuste dinâmico da dificuldade utilizou-se uma ideia semelhante à proposta no trabalho *Hamlet* (HUNICKE; CHAMPMAN, 2004) onde observando o ambiente é possível definir a mudança necessária em parâmetros do jogo para deixá-lo de acordo com o jogador.

A observação do ambiente e a decisão da necessidade do ajuste foi realizada utilizando uma variável de controle, que neste projeto chamamos de “estresse”. O valor do “estresse” pode variar de 0 a 100, onde quanto menor, mais fácil o jogo fica e vice-versa. Ao se começar o jogo o estresse é definido com o valor de 50, ou seja começa em uma dificuldade média, e a cada determinada ação definida previamente esse valor aumenta ou diminui.

6.1 CALCULANDO O ESTRESSE

Para se obter o valor do estresse, o ambiente é monitorado a todo o momento, sendo que dois fatores podem alterar esse valor, sendo eles:

- Passar 5 segundos sem que o jogador seja atingido por um projétil faz com que o estresse aumente em 1;
- Se o jogador for acertado por um projétil do inimigo, é subtraído do estresse o valor equivalente ao dano causado pelo inimigo.

Ou seja, quanto mais tempo o jogador passar sem ser atingido, mais o valor do estresse aumenta, tornando o jogo mais difícil e desafiador, porém se o jogador for atingido por vários projéteis, o estresse irá diminuir, deixando o jogo mais fácil de modo que o jogador consiga superar os desafios propostos.

6.2 APLICANDO O ESTRESSE

Com o valor atualizado é possível decidir qual ação tomar para tornar o jogo mais fácil ou difícil, podem ser realizadas alterações de diversos fatores que influenciem, como por exemplo, velocidade, dano causado pelo projétil, frequência de tiros, etc. Para este projeto decidiu-se realizar o ajuste no número de inimigos simultâneos que aparece, de forma que, quanto mais difícil o jogo, mais inimigos existirão em cena, e quanto mais fácil, menor o número de inimigos.

Para se inserir um inimigo no cenário, é realizada uma constante observação do número atual de inimigos, se existirem menos inimigos que o ideal, então é adicionado mais um inimigo.

O número ideal de inimigos varia de acordo com o estresse atual, sendo mostrado a relação estresse-inimigo no quadro a seguir.

Quadro 1 - Relação Estresse x Número de Inimigos

Estresse	Número de Inimigos
0 a 29	02
30 a 49	03
50 a 59	04
60 a 69	05
70 a 79	06
80 a 89	07
90 a 99	08
100	10

Fonte: Autoria Própria

Dessa maneira é possível observar que o jogo “ajuda” o jogador, seja facilitando para que ele não perca tão rapidamente, quanto dificultando para apresentar um grau de desafio elevado, fazendo com que vencer o jogo se torne mais recompensador.

Verificou-se que quando o valor do estresse fica muito alto, é impossível que ele diminua até o nível mais fácil, pois a energia e as vidas do jogador acabariam antes disso ser possível. Sugere-se que em uma versão futura seria interessante o jogo recompensar o jogador com energias e vidas, sendo possível sobreviver por mais tempo e fazendo com que o ajuste funcione de forma mais abrangente. Porém o oposto é válido, se o valor do estresse estiver muito baixo, é possível o jogador sobreviver por tempo suficiente para deixar o valor do estresse alto.

7 RESULTADOS OBTIDOS

Para avaliar os resultados obtidos, foram realizados alguns testes informais pedindo para alguns amigos jogar por um tempo, e relatarem suas opiniões sobre o jogo. Devido a falta de tempo esses dados não foram registrados formalmente, porém foi possível perceber o diferente entusiasmo dos jogadores ao jogar a versão com ajuste dinâmico.

Ao total três pessoas com idades entre 17 e 26 anos testaram o jogo, tanto a sua versão sem ajuste dinâmica quanto sua versão ajustável. Os testadores jogaram por um pequeno período de tempo, em média 15 minutos e todos relataram que a medida que o jogo avançava o desafio ia crescendo, deixando-os com mais vontade de derrotar o inimigo. Ao jogar a versão sem ajuste dinâmico os jogadores relataram que o jogo era enjoativo, pois após pouco tempo jogando já era fácil prever e vencer os inimigos.

8 CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível verificar que apenas aumentando ou diminuindo o número de inimigos simultâneos no cenário é possível exercer uma diferença no comportamento do jogo, deixando-o mais atrativo e desafiador, em relação ao balanceamento estático, deixando assim o jogador com mais vontade de se superar e atingir uma pontuação mais alta.

Dessa forma conseguiu-se atingir os objetivos propostos de desenvolver um jogo para *android* que realiza o ajuste de dificuldade dinamicamente, de forma a aplicar a teoria do fluxo oferecendo um desafio condizente com o jogador, fazendo o se sentir bem ao jogar.

Conclui-se que para desenvolver jogos que agradem o público e tenham um diferencial é muito importante a utilização dessas técnicas, pois uma simples diferença ao se jogar a mesma fase deixa o jogador interessado e intrigado, e isso é muito importante ao se desenvolver um jogo.

8.1 TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento do trabalho observou-se a existência de diversas técnicas diferentes para realizar o ajuste dinâmico, sendo apenas uma delas aplicada, para um trabalho futuro recomenda-se a aplicação de outras técnicas aumentando assim a forma como o jogo reage ao jogador.

Outro fator que pode ser explorado mais profundamente são as características modificadas pelo jogo ao se adaptar, no contexto desse trabalho modificou-se apenas o número de inimigos simultâneos, seria muito interessante aumentar essa aplicação modificando fatores como:

- Velocidade de movimentação do jogador e dos inimigos;
- Dano causado pelos projéteis;
- Pontuação ganha ao se acertar um inimigo;
- Disponibilização de vidas extras.

Esses são apenas alguns fatores, existindo muitas outras possibilidades a serem exploradas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. D. et al. *Challenge-Sensitive Action Selection: an Application to Game Balancing*. In: *IJCAI Workshop on Reasoning, Representation, and Learning in Computer Games*, Edinburgh, v. 1, p. 7-12, 2005.

ANDRADE, G. D. **Balanceamento dinâmico de jogos**: Uma Abordagem Baseada em Aprendizagem por Reforço. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro de Informática. Universidade Federal de Pernambuco. Recife: [s.n.], 2006.

BAD LOGIC GAMES. libGDX. **libGDX**. 2013. Disponível em: <<https://libgdx.badlogicgames.com/>>. Acesso em: 28 Ago. 2017.

CRAWFORD, C. **The art of computer design**. Osborne/McGraw-Hill, Berkeley, CA: [s.n.], 1982.

CSIKSZENTMIHALYI, M. **Flow**: the psychology of optimal experience. Print book : Inglês : 1st ed. [S.L.]: New York : Harper, 1990.

FALSTEIN, N. The Flow Channel. **Game Developer Magazine**, [S.L.], v. 11, n. 05, 2004.

HUNICKE, R.; V. CHAPMAN. AI for Dynamic Difficulty Adjustment in Games. In: *Challenges in Game Artificial Intelligence AAAI Workshop*, San Jose, p. 91-96, 2004.

MATOS, B. R. D.; SILVA, J. G. B. **Estudo comparativo entre o desenvolvimento de aplicativos móveis utilizando abordagem nativa e multiplataforma**. Brasília. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Brasília, 2016

MONTEIRO, J. G. G. X. **Propostas para o balanceamento dinâmico de jogos com ajuste de dificuldade e payoff lentos**. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro de Informática. Universidade Federal de Pernambuco. Recife: [s.n.], 2006.

OPEN GAME ART. Open Game Art. 2017. Disponível em: <<https://opengameart.org/>>. Acesso em: 28 Ago. 2017.

ROLLINGS, A.; ADAMS, E. On game design. [S.L.]: **New Riders Publishing**, 2003.

SMARTPHONE OS Market Share, 2017 Q1. **International Data Corporation**. 2017. Disponível em: <<https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>>. Acesso em: 26 Out. 2017.

SWEESTSER, P.; WYETH, P. GameFlow: a Model for Evaluating Player Enjoyment in Games. **ACM Computers in Entertainment**, [S.L], v. 3, n. 3, jul. 2005.

YADAV, S.. FREE GAME ART/ASSETS FOR GAMES #12: TOP DOWN PLANES SPRITES PACK. **Unlucky Studio**. 2015. Disponível em: <<http://unluckystudio.com/free-game-artassets-for-games-12-top-down-planes-sprites-pack/>>. Acesso em: 2 Set. 2017.

YANNAKAKIS, G. N.; HALLAM, J. A Generic Approach for Generating Interesting Interactive Pac-Man Opponents. In: Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games, Essex University, p. 94-101, 2005.