



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

ESCOLA DE INFORMÁTICA APLICADA

Operação Dourada: Um desafio matemático

LUCAS DOS SANTOS SALGADO

Orientadora

Geiza Maria Hamazaki da Silva

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Novembro de 2017

Operação Dourada: Um desafio matemático

LUCAS DOS SANTOS SALGADO

Projeto de Graduação apresentado à Escola de Informática
Aplicada da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
(UNIRIO) para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de
Informação.

Aprovada por:

Dra. Geiza Maria Hamazaki da Silva (UNIRIO)

Dra. Adriana Pimenta de Figueiredo (UNIRIO)

Dr. Mariano Pimentel (UNIRIO)

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Novembro de 2017

Catálogo informatizado pelo(a) autor(a)

S164 Salgado, Lucas dos Santos
Operação Dourada: Um desafio matemático / Lucas dos Santos Salgado. -- Rio de Janeiro, 2017.
67

Orientadora: Geiza Maria Hamazaki da Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro,
Graduação em Sistemas de Informação, 2017.

1. Matemática. 2. Jogos Educativos. 3. Material Dourado. 4. Android. 5. Adaptabilidade. I. Silva, Geiza Maria Hamazaki da, orient. II. Título.

Agradecimentos

Aos meus pais e familiares, por tudo que fizeram.

A minha orientadora Geiza, pelo suporte, paciência e tempo.

Aos meus amigos que me motivarem a continuar.

A todos que me inspiraram a fazê-lo e nunca lerão.

RESUMO

Diante ao baixo aproveitamento dos alunos na matemática[2], disciplina base para desenvolvimento de inúmeras habilidades necessárias, tanto em situações do dia a dia como em profissões específicas, diversas são as propostas de métodos de auxílio ao aprendizado. Com a popularização dos dispositivos móveis, estes passaram a ser utilizados em tal contexto através de aplicativos e jogos educativos. Neste cenário foi realizado um estudo sobre os jogos educativos de matemática, destacando suas principais características, além da análise da proposta apresentada no Espaço Matemático[6]. Este trabalho propõe desenvolver o Operação Dourada, um jogo educativo de matemática que utiliza dos conceitos do material dourado e de dificuldade adaptativa, a fim de auxiliar na aprendizagem das operações aritméticas básicas e do sistema decimal-posicional, assunto pouco tratado por outros jogos de mesmo tema.

Palavras-chave: Adaptabilidade, Android, jogos educativos, Matemática, material dourado.

ABSTRACT

Mathematics is the base for various knowledges, ranging from the simple and habitual tasks to more complex jobs. The brazilian elementary school success rates of this subject are under the expected[2], therefore many methods are proposed with the intention of helping with the development of those skills. With mobile devices becoming more accessible to the population they started to be used as tools in the learning processes paired with educational applications and games. That being the case, Espaço Matemático[6] and the featured educational mathematics mobile games were analysed aiming to find their proposals and main technical features. This essay have the objective of developing Operação Dourada, an educational game that uses the concepts of Adaptability and the gold material to try and help in the learning process of the four fundamental arithmetic operations and the decimal system, a topic that is not approached by many games.

Keywords: Adaptability, Android, educational games, Gold Material, mathematics.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Introdução | 11 |
| Motivação | 11 |
| Objetivos | 11 |
| Organização do texto | 12 |
| Estado da Arte | 13 |
| Informática na Educação | 14 |
| Estudos prévios | 14 |
| Análise individual | 14 |
| Jogos de Matemática | 15 |
| Jogos educativos de Matemática: adição, tabuada | 17 |
| Mestre da Matemática | 19 |
| Adição e Subtração | 20 |
| Tabuada de Multiplicar | 21 |
| Aprenda a Tabuada Brincando | 23 |
| Análise comparativa | 24 |
| Espaço Matemático | 27 |
| Conteúdo a ser desenvolvido | 28 |
| Fundamentação Teórica | 30 |
| Material Dourado | 30 |
| Ferramentas utilizadas | 31 |
| Android | 32 |
| Corona Labs | 32 |
| Lua | 32 |
| Dificuldade Adaptativa | 33 |
| Atom | 33 |
| Corona Autocomplete | 33 |
| Metodologias de avaliação de jogos | 34 |
| Learning Object Review Instrument(LORI) | 34 |
| GameFlow | 34 |
| Operação Dourada | 35 |
| Requisitos do sistema | 35 |
| Menus | 36 |
| Modos de Jogo | 38 |
| Modo 1 - Abasteça a nave | 38 |
| Modo 2 - Quiz | 41 |
| Modo 3 - Derrote os inimigos | 42 |
| Dificuldade | 45 |
| Máquina de estados | 46 |
| Arquitetura do sistema | 48 |
| Persistência | 49 |
| Recursos utilizados | 50 |

| | |
|---|----|
| Casos de uso | 50 |
| Proposta de implantação em ambientes escolares | 51 |
| Método de avaliação para o Operação Dourada | 51 |
| Conclusão | 53 |
| Comparação com outros jogos | 54 |
| Comparação com o Espaço Matemático | 55 |
| Trabalhos futuros | 57 |
| Referências Bibliográficas | 58 |
| Apêndice I - Imagens e sons utilizados no Operação Dourada. | 59 |
| Apêndice II - Casos de Uso | 60 |
| Apêndice III - Manual de instalação | 63 |
| Apêndice IV - Questionário de Avaliação | 67 |

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre diversos jogos educativos de matemática.

Tabela 2 - Comparação entre a quantidade de downloads e pontuação referente a cada um dos jogos.

Tabela 3 - Dificuldades dos níveis do modo abasteça a nave.

Tabela 4 - Dificuldades dos níveis do modo quiz.

Tabela 5 - Níveis de dificuldade presentes no modo derrote os inimigos.

Tabela 6 - Comparação entre o Operação Dourada e diversos jogos educativos de matemática.

Tabela 7 - Comparação entre as duas versões do Espaço Matemático.

Tabela 8 - Questionário de avaliação do Operação Dourada.

Índice de Figuras

Figura 1 - Telas do jogo “Jogos de Matemática”

Figura 2 - Telas do jogo “Jogos educativos de Matemática: adição, tabuada”

Figura 3 - Telas do jogo “Mestre da Matemática”

Figura 4 - Telas do jogo “Adição e Subtração”

Figura 5 - Telas do jogo “Tabuada de Multiplicar”

Figura 6 - Telas do jogo “Aprenda a Tabuada Brincando”

Figura 7 - Tela inicial do Espaço Matemático.

Figura 8 - Interface do jogo Espaço Matemático.

Figura 9 - Máquina de estados responsável por controlar a dificuldade do Espaço Matemático.

Figura 10 - Modelo do material dourado e suas peças.

Figura 11 - Tela inicial do Operação Dourada.

Figura 12 - Tela de configuração do Operação Dourada.

Figura 13 - Tela de histórico de erros e acertos do Operação Dourada.

Figura 14 - Tela inicial do modo abasteça a nave.

Figura 15 - Peças já incluídas representadas do lado esquerdo da tela.

Figura 16 - Comportamento quando o objetivo é concluído corretamente.

Figura 17 - Comportamento quando o valor ultrapassa o objetivo.

Figura 18 - Tela inicial do modo quiz.

Figura 19 - Comportamento quando jogador seleciona a opção correta

Figura 20 - Comportamento quando jogador seleciona a opção incorreta

Figura 21 - Tela inicial do modo derrote os inimigos.

Figura 22 - Comportamento quando nave atingida possui o valor correto.

Figura 23 - Comportamento quando nave atingida possui o valor incorreto.

Figura 24 - Máquina de estados finitos dos níveis do jogo. A letra P representa a pontuação do jogador.

Figura 25 - Tutorial representando como o jogador deve mover as peças.

Figura 26 - Página de download do arquivo EspaçoMatematico2.apk.

Figura 27 - Selecionando a opção “Segurança” nas configurações do aparelho.

Figura 28 - Habilitando a instalação de aplicativos de fontes desconhecidas.

Figura 29 - Selecionando o arquivo e confirmando a instalação.

1 Introdução

1.1 Motivação

A importância do ensino da matemática está diretamente relacionada à sua presença em diversas situações fundamentais para o funcionamento da sociedade. Responsável por auxiliar o desenvolvimento do raciocínio lógico e possibilitar diversos avanços tecnológicos[1], a matemática está presente no ato de fornecer o troco de uma compra, no entendimento de fenômenos naturais e até mesmo no funcionamento de aparelhos eletrônicos.

Todavia, segundo Andrade, Viegas e Tristão[2] os níveis de aproveitamento da disciplina de matemática no Brasil apresentam valores não satisfatórios. De acordo com estes autores, isso ocorre pelo fato das crianças passarem a se sentir apáticas pelo assunto a partir do momento que não vêem um uso prático para os conceitos aprendidos.

Conforme a facilidade de acesso aos dispositivos móveis cresce, a utilização destes na educação tende a ficar cada vez mais comum[3]. Apesar de já existirem diversos jogos educativos disponibilizados gratuitamente, alguns tópicos como o relacionamento entre os números e a quantidade que estes representam não são comumente abordados. Logo, surgiu a motivação para um estudo que possibilite o desenvolvimento de um jogo educativo de matemática para *smartphones* e *tablets* que possua uma abordagem diferente de outros jogos do mesmo tipo, auxiliando as crianças no processo de aprendizagem e proporcionando uma experiência divertida e desafiadora.

1.2 Objetivos

Este projeto tem o intuito de definir e desenvolver um jogo educativo de matemática, no formato de aplicativo para dispositivos móveis de sistema operacional Android, para auxiliar na aprendizagem do sistema decimal-posicional e das operações básicas da matemática utilizando os conceitos de dificuldade adaptativa. Desta forma, fornecendo uma experiência desafiadora e

agradável, impactando positivamente a absorção dos conceitos, assim como melhorando o aproveitamento do jogador.

1.3 Organização do texto

O presente trabalho está estruturado em capítulos e, além desta introdução, será desenvolvido da seguinte forma:

- Capítulo 2 - Estado da Arte: Analisa o cenário de jogos educativos de matemática, comparando os principais títulos e utilizando as informações obtidas para definir o escopo do jogo a ser desenvolvido;
- Capítulo 3 - Fundamentação Teórica: Descreve os principais conceitos e tecnologias utilizados na construção do trabalho;
- Capítulo 4 - Operação Dourada: Explica e detalha o funcionamento do jogo desenvolvido, incluindo seus modos de jogo, dificuldade, arquitetura e seus casos de uso;
- Capítulo 5 - Conclusões: Mostra análises comparativas utilizando os resultados obtidos, propõe métodos de avaliação e implantação, reúne as considerações finais, e sugere possibilidades de aprofundamento posterior.

2 Estado da Arte

A matemática pode ser considerada imprescindível mediante sua presença em múltiplas situações do dia a dia, na realização de diversas profissões e também para possibilitar os grandes avanços tecnológicos[1]. Seja no início da educação de um aluno, onde este deve dividir doces entre seus amigos ou mesmo no simples pagamento de uma compra, são utilizados conceitos matemáticos e, sem estes, a realização da tarefa não seria possível.

Como por exemplo, a matemática também serve para explicar fenômenos físicos. Através de uma fórmula matemática é possível resumir o conceito de energia cinética, por exemplo, evitando que uma longa explicação seja feita e, desta forma, auxiliando na compreensão do assunto[4].

Entretanto, apesar de sua relevância, de acordo com Andrade, Viegas e Tristão[2], mesmo os alunos integralmente alfabetizados, estes não possuem as habilidades básicas necessárias para o entendimento da matemática, não conseguindo interpretar as quatro operações fundamentais quando apresentadas no formato de situações-problema. Além disso, a partir do momento em que um aluno não consegue definir um sentido prático e lógico da matemática, este passa a ter aversão à mesma[2].

Conforme os dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, foram se tornando cada vez mais acessíveis, estes passaram a ser utilizados como forma de apoio à educação ou mesmo para inovação no processo educacional[3]. Calisto[5] diz “um jogo educativo estimulará a atenção dos alunos, ao mesmo tempo em que irá motivá-los através de atividades de competição e cooperação”.

Desta maneira, a introdução de forma agradável de jogos e softwares educativos às crianças durante a sua infância pode possibilitar que ela tenha uma maior capacidade crítica sobre os assuntos que lhe forem apresentados. Isso ocorre pois nesta fase é despertada a curiosidade, a imaginação e a busca de descobertas, tornando este o momento mais apropriado ao encorajamento do aprendizado e do desenvolvimento do pensamento lógico[6].

2.1. Informática na Educação

De acordo com Kerginaldo[7], a inserção do computador na educação possibilita ao professor e à escola dinamizarem o processo de ensino-aprendizagem com aulas mais criativas, motivadoras e que despertem, nos alunos, a curiosidade e o desejo de aprender, conhecer e fazer descobertas. A dimensão da informática na educação não está, portanto, restrita à informatização da parte administrativa da escola ou ao ensino da informática para os alunos.

A importância da utilização da tecnologia computacional na área educacional é indiscutível e necessária, seja no sentido pedagógico ou social. Não cabe mais à escola preparar o aluno apenas nas habilidades de lingüística e lógico-matemática, apresentar o conhecimento dividido em partes, fazer do professor o grande detentor de todo o conhecimento e valorizar apenas a memorização. Hoje, com o novo conceito de inteligência, em que podemos desenvolver as pessoas em suas diversas habilidades, o computador aparece num momento bastante oportuno, inclusive para facilitar o desenvolvimento dessas habilidades – lógico-matemática, linguística, interpessoal, intrapessoal, espacial, musical, corpo-cenestésica, naturista e pictórica[8].

Com o acesso das crianças à tecnologia, a utilização da informática por parte dos alunos e professores de forma estratégica e adequada passa a ser um recurso pedagógico. À vista disso, é importante que sejam definidos objetivos, levando em consideração as características, os interesses e as necessidades locais, possibilitando que o processo de integração do computador ao processo educacional ocorra de forma positiva e eficaz.

2.2. Estudos prévios

Para entender o cenário de jogos educativos já existentes que abordam matemática foram estudados os seis principais resultados apresentados na Google Play¹ a partir da busca pela frase “Jogos Educativos de Matemática”. Ao final é apresentada a comparação entre estes.

2.2.1. Análise individual

Nesta seção cada jogo é apresentado visando expor seus objetivos, características e principais funcionalidades.

1

https://play.google.com/store/apps/collection/search_results_cluster_apps?clp=ggEfCh1qb2dvIGVkdWNhdGl2byBkZSBtYXRlbcOhdGljYQ%3D%3D%3AS%3AANO1ljLhYOk&hl=pt Acessado em 20/10/2017

2.2.1.1. Jogos de Matemática²



Figura 1 - Telas do jogo “Jogos de Matemática”

No formato de múltiplos questionários, este jogo apresenta seis tópicos diferentes como pode ser observado na Figura 1. Após selecionado o tópico desejado, é exibida uma equação, quatro opções para resposta e um contador de 45 segundos, caso o jogador erre a resposta ou deixe de responder dentro do tempo, este perderá uma quantidade de pontos igual a vinte e cinco vezes o peso da questão. No caso do jogador acertar, ganhará uma quantidade de pontos igual a cem vezes o

² <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.miniklerogreniyor.quiz.kids.math> Acessado em 20/10/2017

peso da questão. A dificuldade do jogo é predefinida, não tendo nenhuma forma de controle por parte do usuário, nem mesmo sendo influenciada pela sua performance.

Ao fim de uma partida, é exibida a pontuação final e a quantidade de erros, acertos e questões não respondidas. É disponibilizado também, através do menu do jogo, um gráfico que representa a pontuação de cada um dos resultados obtidos pelo jogador. Um detalhe a ser ressaltado é que a tradução para português não está completa, como visto na Figura 1, por mais que este esteja disponível para o público brasileiro e possua “português” como um de seus idiomas suportados.

2.2.1.2. Jogos educativos de Matemática: adição, tabuada³



Figura 2 - Telas do jogo “Jogos educativos de Matemática: adição, tabuada”

Apresentando uma história introdutória que coloca o jogador com o objetivo de ajudar o esquilo Tob a reconstruir sua nave, este jogo apresenta diversos minigames com objetivos diferentes com o intuito de reconstruir uma nave que foi destruída. Alguns dos minigames presentes abordam

³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.playtic.monsternumbers> Acessado em 20/10/2017

conceitos básicos de matemática como adições, subtrações e identificação de sequências, enquanto outros, não.

Ao iniciar o jogo pela primeira vez é necessário que o jogador insira sua idade e a partir desta é criado um perfil que é responsável por definir a dificuldade dos minigames. Apesar de aceitar qualquer valor de idade entre 1 e 99 anos, é dividido em 3 níveis de dificuldade, sendo o primeiro de quatro a cinco anos que inclui contagem de moedas, séries lógicas, reconhecimento de números, associação de quantidades e números e adição de conjuntos de moedas, o segundo de seis a sete anos envolvendo séries lógicas, adição sem reagrupamento, subtração com moedas e, posteriormente, subtração sem reagrupamento com números, enquanto o terceiro é para jogadores a partir de oito anos e apresenta adição aritmética mental de números de dois dígitos, subtração matemática mental, tabuada de multiplicação, divisão e séries lógicas de números mais complexas. Em suas informações é dito que possui dificuldade adaptativa, entretanto, não foi possível notar esta funcionalidade durante o jogo.

O jogo apresenta duas pontuações, ao fim de cada minigame é atribuída uma pontuação de zero a três “lápiz dourados” que são convertidos em troféus, moeda utilizada para desbloquear níveis mais difíceis, porém, a partir de certo ponto é necessário comprar a versão completa do jogo para continuar jogando.

2.2.1.3. Mestre da Matemática⁴



Figura 3 - Telas do jogo “Mestre da Matemática”

Também possuindo o formato de questionário, o Mestre da Matemática apresenta onze tópicos relacionados à matemática e cada um deles é expandido em vários níveis de dificuldade. Ao escolher um dos tópicos é exibida uma tela de seleção de níveis, onde pode-se optar por qualquer um dentre os já desbloqueados. Após decidir o nível, é apresentado ao jogador uma equação, uma barra decrescente de tempo, a quantidade de acertos e as três opções de resposta. A quantidade de pontos recebida varia entre 500 e 100 pontos de acordo com a velocidade que a escolha é feita,

⁴ <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.chokolovka.sonic.mathmaster.android> Acessado em 20/10/2017

sendo 100 pontos referente às escolhas certas após o término do contador. Caso o jogador erre, 250 pontos são removidos. Existe também o botão de ajuda, podendo ser usado até três vezes em cada nível, que remove uma das opções incorretas, porém faz com que o jogador ganhe apenas metade dos pontos que receberia. Para completar o nível, é necessário que o jogador acerte 15 vezes.

Ao término de um nível, é exibida a pontuação final obtida e uma representação desta em até 3 estrelas. Para desbloquear um nível de um tópico é necessário que o jogador tenha uma quantidade específica de estrelas nesse mesmo tópico.

Cada nível possui uma dificuldade específica, independente da performance do jogador e não podendo ser alterado por nenhuma configuração. Isso faz com que o jogador seja responsável de entender qual seria o melhor nível a ser jogado em seu atual entendimento de um dos tópicos. A quantidade de níveis varia de acordo com o tópico, enquanto a adição possui 42 níveis, a igualdade possui apenas 21.

2.2.1.4. Adição e Subtração⁵

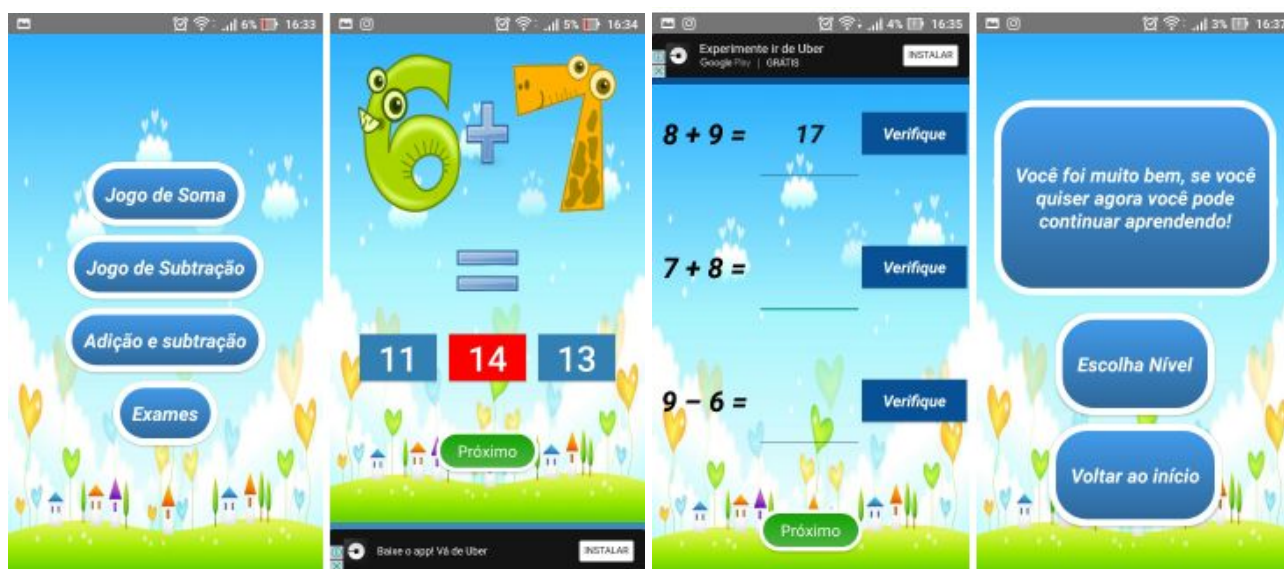


Figura 4 - Telas do jogo “Adição e Subtração”

Jogo no estilo de questionário. Ao abrí-lo, é exibida uma tela com 4 opções (Figura 4), sendo estas referentes à adição, subtração, adição e subtração e por último, “Exames”. Cada um destes modos possui 3 níveis de dificuldade disponível, “Fácil”, “Médio” e “Difícil”. Nos 3 primeiros modos o jogo se passa em um questionário infinito, onde o jogador pode ficar por tempo

⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=kids.juegodesumas> Acessado em 20/10/2017

indefinido respondendo às perguntas. Como não existe nenhum tipo de pontuação, errar ou acertar uma pergunta não influencia tanto como nos outros jogos.

Já no modo “Exames”, são realizadas 12 perguntas, sendo apresentadas 3 perguntas por tela, onde a criança deve digitar a resposta para cada uma das equações e em seguida pode verificar se a resposta está correta. Ao concluir as 12 perguntas, é exibida uma mesma mensagem positiva, tenha o jogador acertado todas as perguntas ou errado cada uma delas.

2.2.1.5. Tabuada de Multiplicar⁶



Figura 5 - Telas do jogo “Tabuada de Multiplicar”

⁶ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.quizapp.multitable> Acessado em 20/10/2017

Com o foco no ensino da tabuada, o jogo possui 3 modos de jogo além de uma parte de visualização de tabuadas, onde o jogador pode acessar para tirar dúvidas. O primeiro modo é chamado de “História”, este é separado em diversos níveis onde é necessário conseguir 10 acertos para conseguir uma pontuação de 1 a 3 estrelas. Inicialmente apenas o primeiro nível está desbloqueado e é necessário atingir uma quantidade de estrelas específica para liberar os outros. Em todos os modos de jogo, ao errar uma questão, a opção errada fica destacada com a cor vermelha e o jogador pode escolher uma das restantes até que consiga acertar.

O segundo modo é o “Desafio de matemática”, onde é dado um contador e o jogador deve conseguir a maior pontuação antes que tal contador atinja o fim. A cada acerto o jogador ganha um pouco mais de tempo, enquanto cada erro faz o contrário.

Tanto no primeiro quanto no segundo modo existem habilidades que podem ser utilizadas pelo jogador para facilitar seu progresso.

Já o terceiro modo é chamado de “Duelo”, onde a tela é dividida verticalmente como na Figura 5. Este modo é feito para dois jogadores e nele é exibida uma mesma equação para ambos, o primeiro a acertar marca um ponto e uma nova equação é exibida. Caso a opção escolhida seja errada, o jogador perde um ponto e pode tentar novamente. O primeiro a obter 5 pontos é o vencedor.

Nos modos desafio e duelo ofertados pelo jogo a dificuldade funciona de forma predefinida, avançando de acordo com os acertos do jogador, mas sem regredir com os erros. Já no modo história, a dificuldade está diretamente associada ao nível que o jogador se encontra.

2.2.1.6. Aprenda a Tabuada Brincando⁷

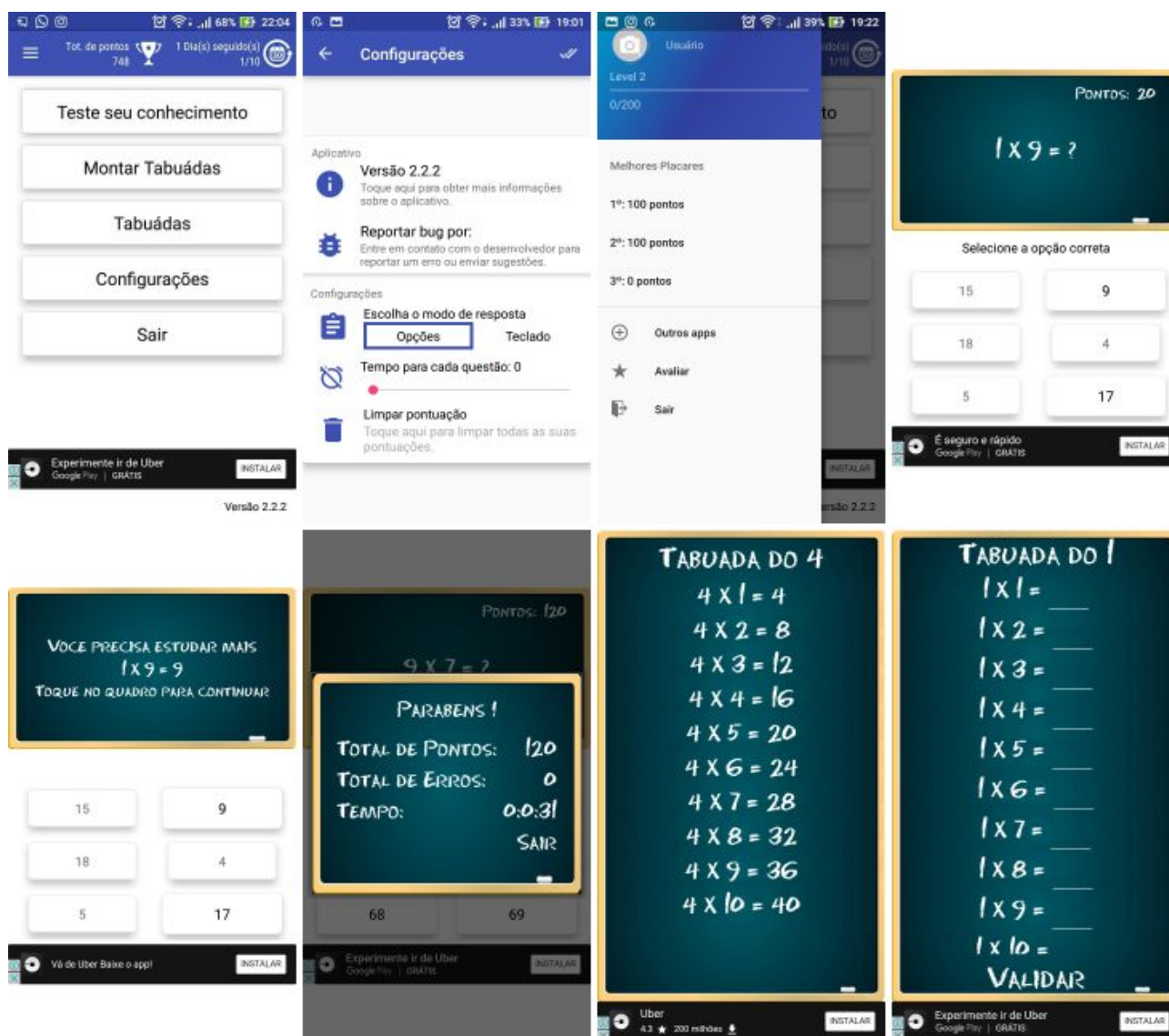


Figura 6 - Telas do jogo “Aprenda a Tabuada Brincando”

Outro jogo que aborda o tema de tabuadas. Nele existem 2 modos de jogo e também um modo de visualização de tabuadas completas.

Um dos modos presentes é o “Montar Tabuadas”, onde o jogador deve preencher as tabuadas do 1 ao 10 utilizando o teclado. Neste modo não existe pontuação, apenas um botão para validar as respostas inseridas. Caso exista alguma resposta errada no momento da validação, esta é destacada e o jogador deve preencher novamente para validar a tabuada.

O outro modo é no estilo questionário, onde jogador deve conseguir o máximo de pontos durante uma sessão. Neste modelo, são exibidas 6 opções de resposta para cada equação, podendo ser alterado para entrada através de um teclado nas configurações do jogo, o que disponibiliza dois

⁷ <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.jeronimo.tabuadabasica> Acessado em 20/10/2017

botões de dica que podem ser utilizados apenas uma vez durante toda a sessão. Ao responder corretamente o jogador ganha 10 pontos. Caso a opção escolhida venha a ser incorreta, esta opção será desabilitada (diminuirá de tamanho e ficará cinza) e o jogador pode tentar novamente, porém, cada erro cometido diminui em 2 a quantidade de pontos que o jogador receberá, ou seja, caso o jogador erre 5 vezes, restando assim apenas uma das opções, ele não ganhará nenhum ponto. Embora o jogador possa ficar jogando por tempo ilimitado, a dificuldade será sempre a mesma, tornando a experiência repetitiva após certo tempo. Também é possível habilitar um temporizador para as perguntas através da configuração, neste caso, a sessão é finalizada quando o temporizador chega a zero, caso não esteja habilitado, a sessão só acabará quando o jogador pressionar o botão voltar ou sair do jogo.

Ao terminar uma sessão, é exibida a pontuação final, a quantidade de erros, de acertos e a duração da sessão. Na tela inicial é possível observar as 3 melhores pontuações obtidas além do total de pontos obtidos somando todas as sessões, como visto na Figura 6.

2.2.2. Análise comparativa

Após a realização da análise individual, foi gerada a Tabela 1 que compara as principais características e funcionalidades encontradas em cada um dos jogos. Cada linha da tabela representa um jogo enquanto as colunas representam os seguintes critérios:

- Escolha de conteúdo: denota a possibilidade de escolha de conteúdos como adição, subtração e multiplicação pelo jogador;
- Tutorial ou ajuda: indica a presença de algum tipo de assistência ao jogador, seja em formato de guia de jogabilidade ou tutorial durante o jogo;
- Configuração do tipo de resposta: aponta a presença de múltiplos tipos de entrada para a resposta;
- Tipo de dificuldade: indica o tipo de dificuldade presente no jogo, podendo ser “Estática”, onde a dificuldade não é alterada em nenhuma situação, “Pré Definida” no caso de ser controlada de acordo com o nível atual, ou “Adaptativa” onde é diretamente relacionada à performance do jogador;
- Temporizador: sinaliza a presença de um temporizador que limite ou penalize o jogador caso este demore demais para responder uma das questões;
- Repetição de perguntas: denota se uma equação é frequentemente repetida dentro de um mesmo nível;

- Penalização: aponta se existe algum tipo de penalização caso o jogador erre uma resposta;
- Multijogador: indica se o jogo possui suporte a mais de um jogador;
- Associação entre números e quantidades: denota se o jogo possui a representação gráfica de quantidades e a associação deste com os números apresentados ao jogador.

| | Escolha de conteúdo | Tutoria l ou ajuda | Configuração do tipo de resposta | Tipo de dificuldade | Temporizador | Repetição de perguntas | Penalização | Multi-jogador | Associação entre números e quantidades |
|--|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|--------------|------------------------|-------------|---------------|--|
| Jogos de Matemática | Sim | Não | Não | Estática | Sim | Não | Sim | Não | Não |
| Jogos educativos de Matemática : adição, tabuada | Não | Sim | Não | Adaptativa | Sim | Sim | Sim | Não | Sim |
| Mestre da Matemática | Sim | Sim | Não | Pré Definida | Sim | Não | Sim | Não | Não |
| Adição e Subtração | Sim | Não | Não | Pré Definida | Não | Sim | Não | Não | Não |
| Tabuada de Multiplicar | Não | Sim | Não | Pré Definida | Sim | Não | Sim | Sim | Não |
| Aprenda a Tabuada Brincando | Não | Sim | Sim | Estática | Sim | Não | Sim | Não | Não |

Tabela 1 - Comparação entre diversos jogos educativos de matemática.

Diante da tabela é possível constatar que com exceção do jogo “Adição e Subtração”, todos os outros apresentam um tipo de temporizador, o que incentiva um raciocínio mais rápido do jogador. Apenas o “Jogos educativos de Matemática: adição, tabuada” possui uma implementação de dificuldade adaptativa, que suaviza a curva de aprendizado do jogador, evitando que este fique preso em um nível de dificuldade acima de seu conhecimento, enquanto dois dos seis jogos

apresentam uma dificuldade estática, o que pode desinteressar o jogador caso este não consiga mais prosseguir, como é dito por Gilleade[9]. Já a repetição de perguntas, presente em dois dos seis jogos analisados, pode fazer com que a experiência torne-se monótona. A possibilidade de escolha de conteúdo está presente em metade dos jogos estudados.

A implementação de dificuldade adaptativa, assim como a representação gráfica de quantidades é utilizada apenas no “Jogos educativos de Matemática: adição, tabuada”. Apesar de não ter sido possível validar a presença da dificuldade adaptativa durante a análise, a relação entre números e quantidades pode ser vista nos níveis que tem como objetivo realizar contagem das moedas exibidas. É válido destacar que não foi encontrada uma situação que apresentasse dezenas e centenas, apenas representações gráficas de uma única moeda, representando unidade.

A Tabuada de Multiplicar possui suporte a dois jogadores o que, assim como o temporizador, incentiva o raciocínio rápido, pois é necessário que um jogador seja mais rápido que o outro para conseguir pontuar.

A Tabela 2 compara a pontuação e a quantidade de downloads entre cada um dos jogos analisados.

| | Quantidade de downloads (09/11/2017) | Pontuação de 1 a 5 estrelas (09/11/2017) | Quantidade de avaliações (09/11/2017) |
|---|---|--|--|
| Jogos de Matemática | Entre 5 e 10 milhões | 4.2 | 21.244 |
| Jogos educativos de Matemática: adição, tabuada | Entre 1 e 5 milhões | 4.3 | 24.372 |
| Mestre da Matemática | Entre 1 e 5 milhões | 4.5 | 2.869 |
| Adição e Subtração | Entre 1 e 5 milhões | 4.3 | 2.755 |
| Tabuada de Multiplicar | Entre 10 e 50 milhões | 4.2 | 92.304 |
| Aprenda a Tabuada Brincando | Entre 500 mil e 1 milhão | 4.2 | 9.103 |

Tabela 2 - Comparação entre a quantidade de downloads e pontuação referente a cada um dos jogos.

Observando a Tabela 2 é possível perceber que mesmo o jogo Adição e Subtração, que apresenta a menor quantidade de características comuns aos outros possui uma quantidade de download e uma pontuação que se assemelha aos demais. De outro lado, o Tabuada de Multiplicar, jogo com maior número de downloads e menor pontuação dentre os estudados, é o único a suportar

múltiplos jogadores. O Aprenda a Tabuada Brincando possui a menor nota e quantidade de downloads mesmo atendendo 4 dos 8 critérios booleanos.

Apesar dessas informações, é necessário o estudo de dados que não foram disponibilizados, como a data de lançamento, frequência de atualizações e melhorias e a motivação dos usuários que os levou a pontuar com uma nota baixa para entender o que pode de fato influenciar no sucesso desses jogos.

2.2.3. Espaço Matemático

Projetado e implementado por Martinez[6], o Espaço Matemático (Figura 7) é um jogo educativo de matemática com o objetivo de auxiliar no aprendizado da matemática, abordando as quatro operações básicas: adição, subtração, multiplicação e divisão.



Figura 7 - Tela inicial do Espaço Matemático.

Seu conteúdo é apresentado utilizando o conceito do clássico Space Invaders⁸, onde as naves inimigas que devem ser eliminadas antes que elas atinjam o limite da tela, representado pela linha vermelha na Figura 8. Para conseguir pontuar, o jogador deve acertar a nave cujo valor seja o resultado do apresentado no topo da tela, caso a nave atingida possua um valor diferente, o jogador perderá pontos.

⁸ https://pt.wikipedia.org/wiki/Space_Invaders Acessado em 20/10/2017

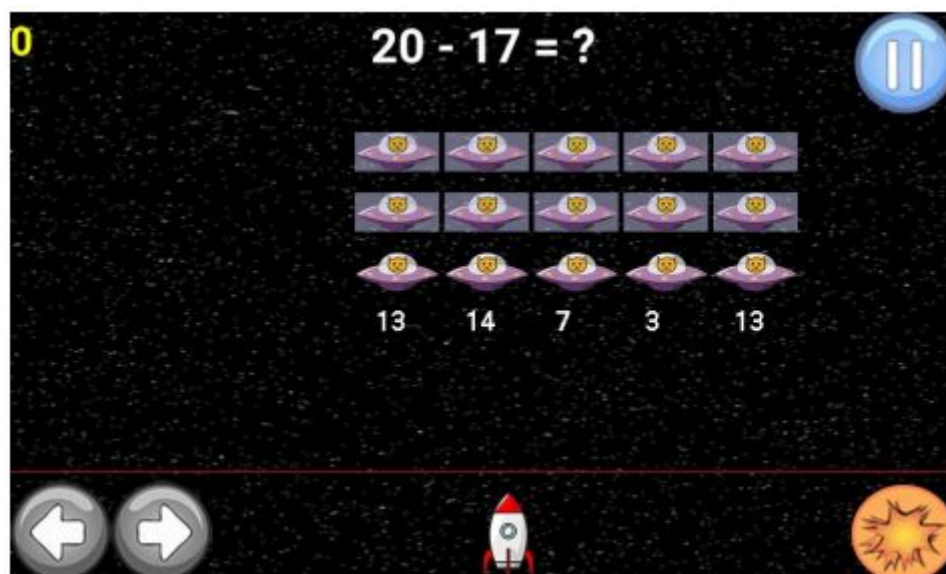


Figura 8 - Interface do jogo Espaço Matemático.

A dificuldade do jogo funciona de forma adaptativa, utilizando a pontuação do fim de cada fase para definir se esta deverá aumentar ou diminuir. Caso o jogador termine uma fase com pontuação maior que 900, a dificuldade aumentará, caso a pontuação seja menor que 900 e maior que 600, a dificuldade será mantida e caso a pontuação seja igual ou menor que 600, a dificuldade diminuirá. O controle dessa dificuldade é realizado pela máquina de estados representada na Figura 9.

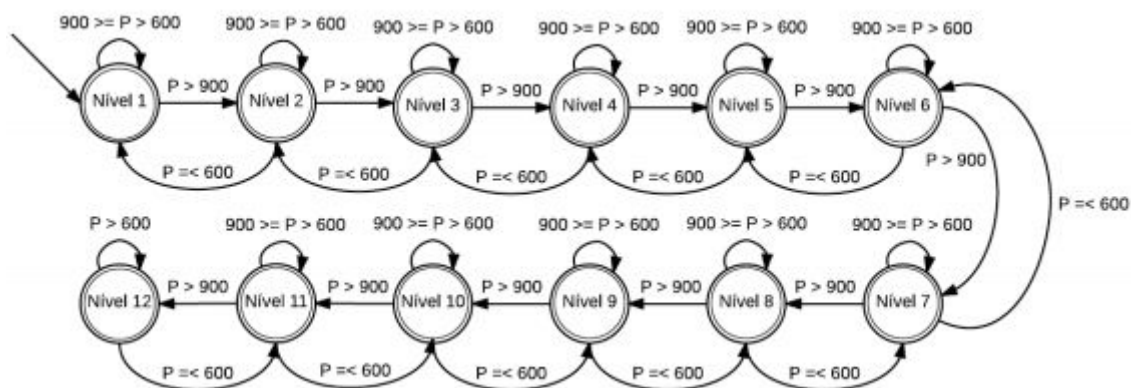


Figura 9 - Máquina de estados responsável por controlar a dificuldade do Espaço Matemático.

2.3. Conteúdo a ser desenvolvido

Para elaboração do sistema, foi definido como público alvo os alunos cursando o quarto ano do ensino fundamental, o mesmo escolhido por Martinez[6] para construção de seu trabalho. Com a finalidade de obter um melhor detalhamento do conteúdo da grade curricular de tais alunos foram

utilizados o Parâmetros Curriculares Nacionais de matemática⁹ e as Orientações Curriculares da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro do ano de 2016¹⁰. Foram definidos como foco os seguintes tópicos presentes nas orientações curriculares:

- Valor posicional;
- Composição e decomposição de números;
- Adição e subtração de números naturais por números naturais de até três algarismos;
- Multiplicação e divisão de números naturais por números naturais de até dois algarismos;

A partir do estudo realizado na seção 2.2 é possível perceber que a maioria dos jogos educativos de matemática apresentam uma estrutura de questionário, desta forma, foi definido que uma das etapas do jogo deveria ser organizada da mesma forma. Outro ponto é a falta de representação de quantidades na maioria dos jogos estudados, o que pode fazer com que a criança acabe não entendendo o que significa a real diferença entre uma dezena e uma unidade. Diante deste problema, optou-se por realizar a introdução às quantidades através do Material Dourado[10], material este que tem como objetivo auxiliar no aprendizado de matemática e do sistema de numeração decimal-posicional, sendo sugerido nas orientações curriculares como material de apoio às aulas.

Com a definição do conteúdo a ser desenvolvido, foram definidas ferramentas a serem utilizadas e conceitos a serem seguidos de forma a auxiliar na elaboração e implementação do projeto. O próximo capítulo tem como objetivo detalhar estes conceitos e ferramentas.

⁹ <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf> Acessado em 10/11/2017

¹⁰ <http://www.rioeduca.net/blogViews.php?id=5265> Acessado em 10/11/2017

3 Fundamentação Teórica

Para auxiliar na tomada de decisão durante o processo de construção do jogo, foram utilizados conceitos já estabelecidos, sendo estes tanto pedagógicos quanto tecnológicos.

Foram escolhidas duas metodologias de avaliação de jogos. A partir delas é possível definir um questionário para auxiliar no entendimento do impacto na aprendizagem causado pela implantação do jogo.

Este capítulo visa apresentar estes conceitos que foram utilizados no trabalho.

3.1. Material Dourado

Idealizado pela matemática italiana Maria Montessori com intenção de ajudar no ensino da matemática, auxiliando na aprendizagem de operações simples assim como no entendimento do sistema de numeração decimal-posicional[10]. O material dourado pode ser dividido em 4 partes principais, sendo a primeira o cubinho que representa uma unidade e é a base para todas as outras, com 10 cubinhos é possível formar uma barra, que representa a dezena, ao juntar 10 barras tem-se a placa que representa as centenas e, por fim, o cubão, constituído de 10 placas[10]. Na Figura 10 é possível ver um modelo de material dourado e suas peças.



Figura 10 - Modelo do material dourado e suas peças¹¹.

A utilização do material dourado auxilia no aprimoramento da percepção de quantidades que as crianças ainda não possuem, saindo da rotina onde os números são apenas números e passando a ser objetos tangíveis.

Conforme dito por Freitas[10], o material dourado também é utilizado no estudo de frações, números decimais e volume dentre outras atividades. Além disso, podem ser aprendidos conceitos básicos de matemática mesmo que a criança esteja apenas brincando com o material, sem intuítos educacionais.

3.2. Ferramentas utilizadas

Diante a popularidade crescente dos *smartphones*¹² e a facilitação do acesso de crianças a estes, foi definido que o jogo fosse disponibilizado no formato de aplicativo para dispositivos móveis. Desta forma, optou-se por escolher ferramentas que auxiliem no desenvolvimento de aplicações para tais aparelhos e que suportem o desenvolvimento de jogos, diminuindo a complexidade de funções triviais como colisão e física. Todas as ferramentas escolhidas são gratuitas e de fácil acesso através da internet.

¹¹

http://4.bp.blogspot.com/_dGaokqyNijQ/SgzAiDfVQ3I/AAAAAAAAAA0/7DAEOayOs8o/s320/material+dourado+3055.JPG Acessado em 20/11/2016

¹²

<http://link.estadao.com.br/noticias/gadget,ate-o-fim-de-2017-brasil-tera-um-smartphone-por-habitante-diz-pesquisa-da-fgv,70001744407> Acessado em 20/10/2016

3.2.1. Android

O Android é um sistema operacional da Google voltado principalmente para dispositivos móveis, este possui código aberto e é oferecido gratuitamente¹³. Ele é baseado em Linux e atualmente é o sistema operacional de aparelhos móveis mais utilizados mundialmente¹⁴, tendo em vista este aspecto foi definido que a utilização deste seria a melhor abordagem para atingir um número relevante de usuários.

3.2.2. Corona Labs

É um framework gratuito criado para auxiliar no desenvolvimento de jogos 2D e aplicações para dispositivos móveis e ambientes desktop. Baseado na linguagem de script Lua, possui mais de mil¹⁵ APIs além de ser capaz de converter para linguagem nativa, fazendo com que a partir de um código fonte seja possível gerar versões para diferentes sistemas operacionais.

O Corona possibilita simulações em tempo real tanto no ambiente de desenvolvimento quanto no ambiente de testes, aplicando as alterações no momento em que são salvas, sejam estas mudanças simples de lógica ou mais complexas de animações e até mesmo da física simulada¹⁶.

Outra vantagem apresentada pelo framework é a fácil configuração, sendo necessária apenas o download e instalação. A escolha do Corona foi realizada diante destas funcionalidades que possibilitam uma simplificação da etapa de desenvolvimento, agilizando a mesma.

3.2.3. Lua

Projetada e implementada pelo grupo de computação gráfica da PUC-Rio, o Tecgraf¹⁷, possui o objetivo de dar suporte à programação procedural, oferecendo facilidades para descrição de dados[11]. Lua é uma linguagem de script de multiparadigma com código aberto que é executada via interpretação e possui gerenciamento automático de memória.

¹³

<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/11/google-vai-continuar-oferecendo-android-de-graca-diz-eric-schmidt.htm>
Acessado em 20/10/2016

¹⁴ https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_operacional_m%C3%B3vel Acessado em 20/10/2016

¹⁵ <https://coronalabs.com/product/> Acessado em 14/10/2017

¹⁶ <https://coronalabs.com/product/> Acessado em 14/10/2017

¹⁷ <https://www.tecgraf.puc-rio.br/> Acessado em 14/10/2017

3.2.4. Dificuldade Adaptativa

O objetivo primário de um jogo é apresentar um obstáculo que deve ser superado pelo jogador. Porém, para manter o interesse, é necessário que o jogo não resulte em frustração. De acordo com Gilleade [9], o desinteresse do jogador começa quando este não consegue mais prosseguir.

De acordo com Araujo [12] e Cowley [13], existe uma relação entre o desafio apresentado e a habilidade do jogador. O ideal apresentado por eles é que a relação entre os dois seja balanceada, de forma que o usuário não se sinta incapaz de avançar, mas também não ache o jogo fácil demais.

Será utilizada uma máquina de estados para realizar este controle (seção 4.4.1.).

3.2.5. Atom

Desenvolvido pelo GitHub, Atom é um editor de texto de código aberto que apresenta suporte para Linux, Windows e macOS. Possuindo funcionalidades como gerenciador de arquivos, *smart autocomplete* e gerenciador de pacotes, sendo o último responsável por possibilitar customizações e até a inserção novas funcionalidades¹⁸. O Atom suporta diversas linguagens de programação como C, C++, Java e Lua.

Além de ser gratuito, foi definido como editor de texto a ser utilizado para o trabalho pois possui o plugin Corona Autocomplete.

3.2.5.1. Corona Autocomplete

É um plugin para o editor de texto Atom que permite que as funções originadas do Corona Labs sejam auto-completadas¹⁹, o que pode agilizar o processo de desenvolvimento e evitar erros de digitação.

¹⁸ <https://atom.io/> Acessado em 27/10/2017

¹⁹ <https://atom.io/packages/autocomplete-corona> Acessado em 27/10/2017

3.3. Metodologias de avaliação de jogos

Além das ferramentas para desenvolvimento, foram escolhidas também duas metodologias de avaliação de jogos. A partir destas é possível definir um questionário que pode auxiliar no entendimento e dimensionamento do impacto na aprendizagem causado pela implantação do jogo.

3.3.1. Learning Object Review Instrument(LORI)

Segundo Nesbit[14], o LORI é um guia criado com o intuito de auxiliar no processo de avaliação de materiais e aplicações utilizados na aprendizagem online. De acordo com Medeiros[15] este guia possui nove itens de avaliação, sendo estes a qualidade do conteúdo, alinhamento do objetivo da aprendizagem, feedback e adaptação, motivação, design da apresentação, usabilidade, acessibilidade, reusabilidade e aderência a padrões.

Para cada um destes critérios é atribuída uma nota de 1 até 5 pelo próprio usuário. Caso este ache que o critério não se encaixe, deve marcar como não aplicável[14].

3.3.2. GameFlow

A metodologia de avaliação GameFlow é voltada para jogos eletrônicos e tem como objetivo avaliar o seu potencial de entretenimento. De acordo com Neves[16] e Medeiros[15], seu processo de avaliação pode ser dividido em oito critérios, sendo estes: concentração, desafio, habilidade do jogador, controle, objetivos, feedback, imersão e interação social.

Segundo Neves[16], a utilização do método GameFlow pode ser aplicada na avaliação de jogos com o objetivo de avaliar a experiência de divertimento de um jogo pode também trazer benefícios futuros como identificar melhorias a serem realizadas no produto avaliado.

Porém, é necessário realizar uma melhor definição dos critérios a serem utilizados, de forma a se enquadrar melhor no escopo do jogo a ser testado, pois caso contrário pode gerar uma avaliação com menos compreensão[16].

A utilização dos conceitos e ferramentas aqui definidos possibilitou uma melhor definição do conteúdo e como este será abordado pelo jogo. O capítulo seguinte tem como objetivo detalhar todo o funcionamento e estrutura do Operação Dourada.

4 Operação Dourada

Após a análise das informações obtidas através do estudo apresentado na seção 2.2 vale ressaltar duas características, grande parte dos jogos com tema matemático apresentam seu conteúdo ou parte dele em forma de um quiz, o que indica ser um modelo bem aceito pelos jogadores, e de outro lado, apenas um dos jogos apresentados possui uma forma de visualização de quantidades associada aos números exibidos, denotando um tópico sem muitos concorrentes a ser explorado por novos jogos. Outra questão é a ausência de uma dificuldade que varie de acordo com o rendimento do jogador, o que de acordo com Gilleade [9], pode fazer com que o jogador perca interesse caso este não consiga avançar no conteúdo do jogo.

Os tópicos a seguir visam expandir e detalhar todas as características do desenvolvimento e funcionamento do sistema.

4.1. Requisitos do sistema

Com o intuito de suprir estes pontos e fornecer uma experiência satisfatória à criança que jogará, foram estabelecidos os seguintes requisitos para o desenvolvimento do sistema:

- RF[001] O sistema deve apresentar três modos de jogo expostos sequencialmente;
- RF[002] Um dos modos de jogo deve ser formatado como um quiz;
- RF[003] A dificuldade do último modo de jogo deve se adaptar à performance do jogador;
- RF[003] O sistema deve possuir uma interface de auxílio ao novo jogador;
- RF[004] O sistema deve possuir um sistema de pontuação através de estrelas;
- RF[005] O sistema deve ser suportado pelo sistema Android;
- RF[006] O sistema deve informar se a resposta ou resultado obtido está correto ou não;
- RF[007] O sistema deve possuir um multiplicador de pontos que varia de acordo com a performance do jogador;
- RF[008] O sistema deve ser capaz de continuar o jogo a partir do último nível alcançado pelo jogador; e
- RF[009] O sistema deve guardar a quantidade de erros e acertos cometidos pelo jogador;

Esses requisitos foram utilizados como base para idealizar o funcionamento do jogo como um todo para então iniciar seu desenvolvimento.

4.2. Menus

Assim que o jogo é iniciado, a tela inicial será exibida para o jogador. Nesta o jogador pode optar por jogar um dos três modos de jogo, continuar do ponto em que parou anteriormente ou acessar as configurações. Na Figura 11 está representada a tela inicial do Operação Dourada.

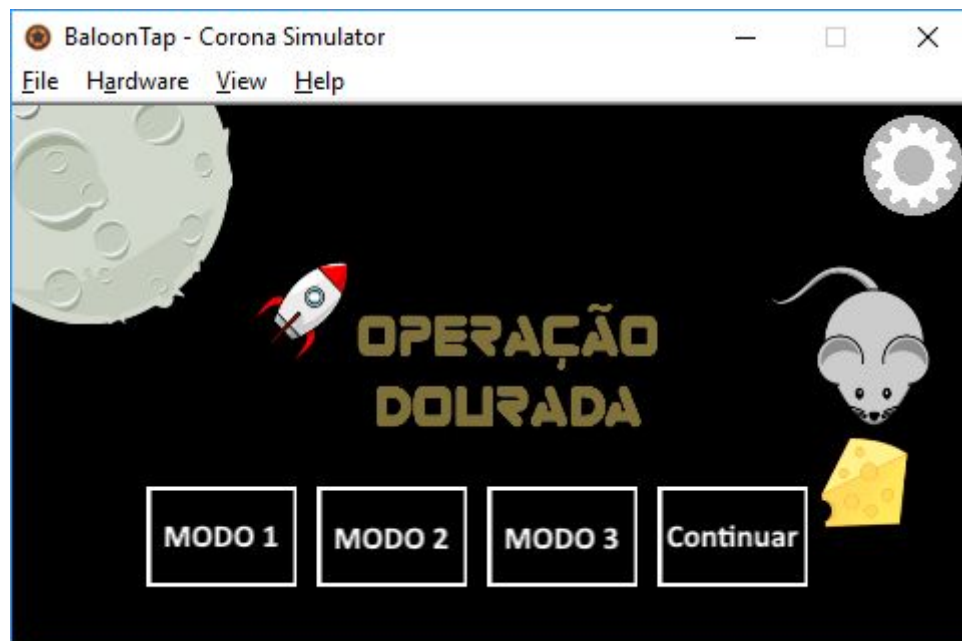


Figura 11 - Tela inicial do Operação Dourada.

Ao pressionar na engrenagem, presente no canto superior direito da tela, o jogador será levado às configurações do jogo (Figura 12), onde este pode optar entre acessar o histórico de acertos e erros ou apagar o conteúdo salvo, fazendo com que o jogo inicie do primeiro nível do modo Abasteça a nave. Caso o jogador toque qualquer outro ponto da tela inicial, o jogo será retomado a partir do último nível atingido, evitando a necessidade de recomeçar a cada vez que o jogo é aberto.

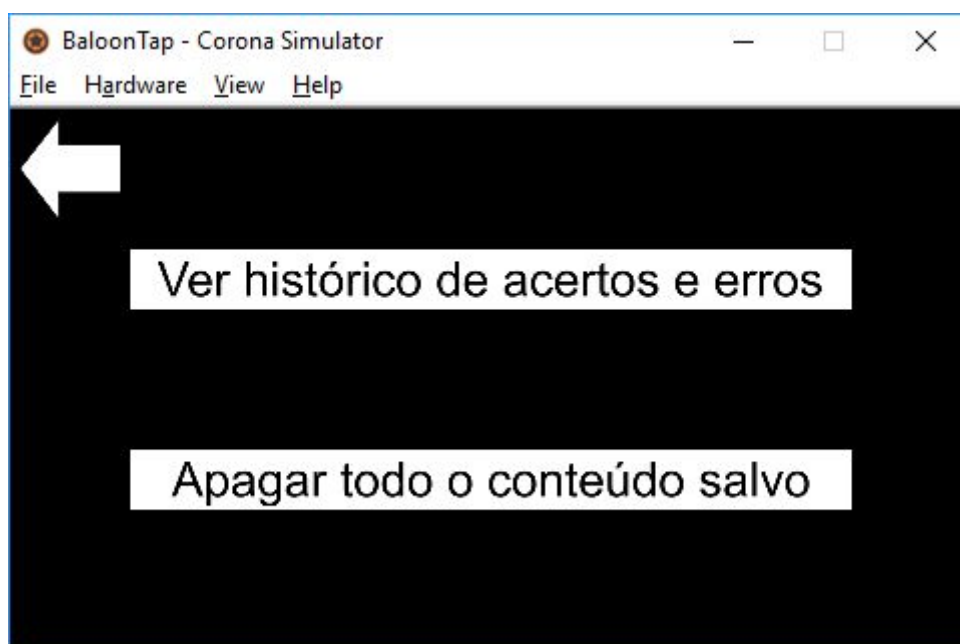


Figura 12 - Tela de configuração do Operação Dourada.

Para voltar à tela inicial, basta que o jogador pressione a seta direcional para esquerda exibida na tela. Ao optar por visualizar o histórico, este será exibido na tela de forma a listar a quantidade de erros e acertos ocorridos em cada um dos modos, dividido por suas dificuldades. A Figura 13 representa a tela de histórico.

| | | Modo 1 | Modo 2 | Modo 3 |
|---------------|---------|--------|--------|--------|
| Dificuldade 1 | Acertos | 1 | 2 | 3 |
| | Erros | 2 | 5 | 2 |
| Dificuldade 2 | Acertos | 5 | 3 | 3 |
| | Erros | 3 | 2 | 2 |
| Dificuldade 3 | Acertos | 2 | 1 | 1 |
| | Erros | 1 | 2 | 3 |
| Dificuldade 4 | Acertos | ----- | 5 | 2 |
| | Erros | ----- | 3 | 4 |
| Dificuldade 5 | Acertos | ----- | 2 | ----- |
| | Erros | ----- | 4 | ----- |

Figura 13 - Tela de histórico de erros e acertos do Operação Dourada.

As informações contidas no histórico permitem que o professor, responsável ou mesmo o usuário identifique os pontos de maior dificuldade além de possibilitar o acompanhamento do desenvolvimento do jogador. A seta presente no topo esquerdo da tela tem como funcionalidade

regredir um nível no menu do jogo, voltando para tela de configuração. Já o botão x, exibido no topo superior direito, serve para apagar apenas o conteúdo salvo no histórico, mantendo as informações de progresso no jogo.

4.3. Modos de Jogo

Para proporcionar uma melhor compreensão do sistema de numeração decimal-posicional introduzido pelo material dourado, foram criados três modos de jogo que funcionarão de forma sequencial, ou seja, é necessário que o jogador conclua o primeiro modo para avançar para o segundo e conclua os dois primeiros para avançar para o terceiro.

4.3.1. Modo 1 - Abasteça a nave

Visando apresentar o material dourado e relacionar este com os números exibidos na tela, no modo 1 será apresentado ao jogador uma nave, um tubo de progresso, que serve para representar o progresso do jogador, uma quantidade a ser atingida e peças do material dourado referente à unidade, dezena e centena (Figura 14)

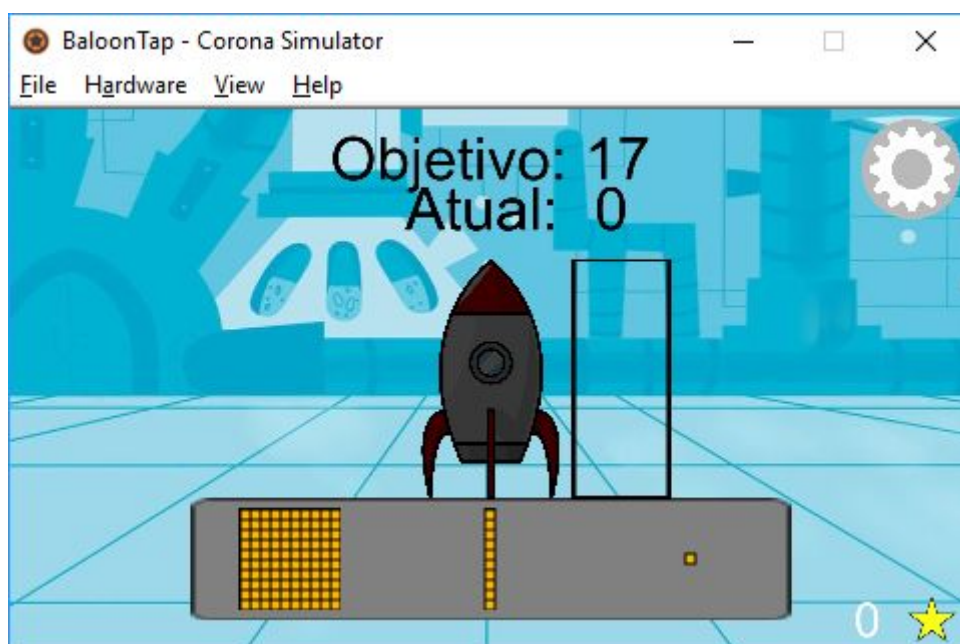


Figura 14 - Tela inicial do modo abasteça a nave.

O objetivo do jogador é atingir a quantidade alvo exibida no topo da tela, para isso ele deve arrastar uma das três peças em destaque para a nave até que a quantidade seja suprida. A cada peça

arrastada para a nave, esta será exibida do lado esquerdo da tela de forma incremental, como pode ser visto na Figura 15, caso já existam nove peças de uma unidade sendo exibidas à esquerda, ao arrastar uma próxima peça, ela será exposta brevemente e logo após aparecer, esmaecerá junto com as outras nove que já existiam e uma nova peça de dezena será exibida. Isso pode ocorrer em cadeia, fazendo com que uma peça de centena fique visível.

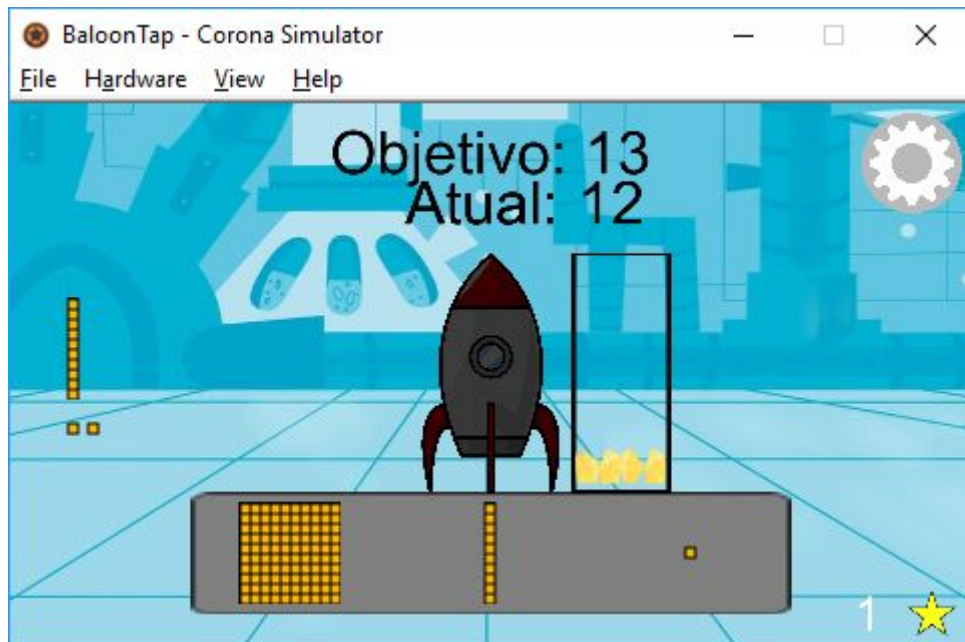


Figura 15 - Peças já incluídas representadas do lado esquerdo da tela.

Se o valor alvo for quinze, por exemplo, o jogador pode arrastar para a nave a peça de valor dez uma vez e a peça de valor um, cinco vezes, caso ele arraste a peça de valor um quinze vezes o sistema também entenderá que o objetivo foi concluído com sucesso, exibirá a quantidade de estrelas obtidas (Figura 16) e avançará para o próximo nível.

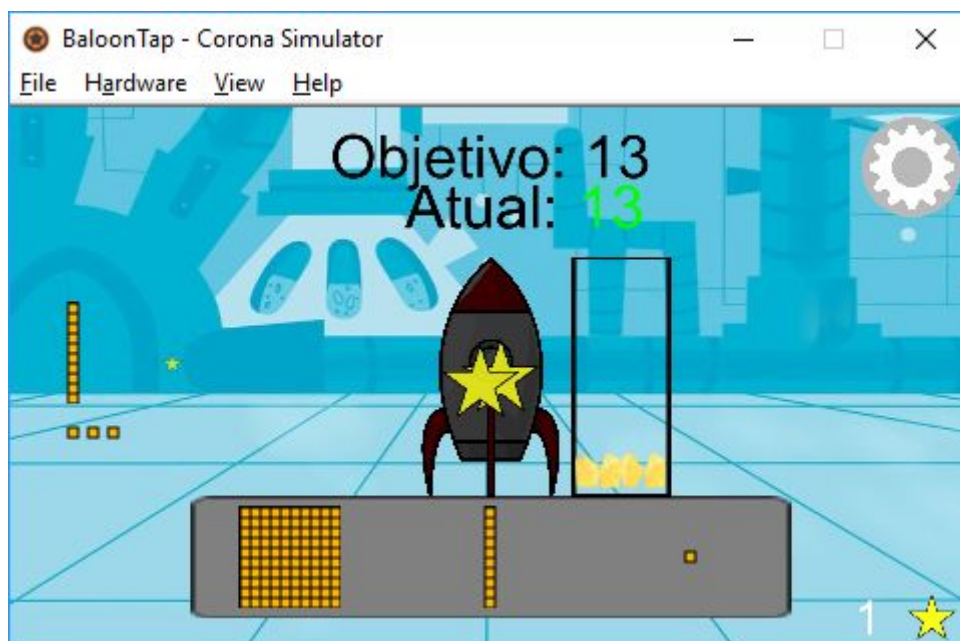


Figura 16 - Comportamento quando o objetivo é concluído corretamente.

Caso a quantidade fornecida pelo jogador ultrapasse o objetivo, é exibida uma mensagem informando que o jogador errou e seu multiplicador de pontos, assim como o nível atual serão reiniciados. Este comportamento está representado na Figura 17.

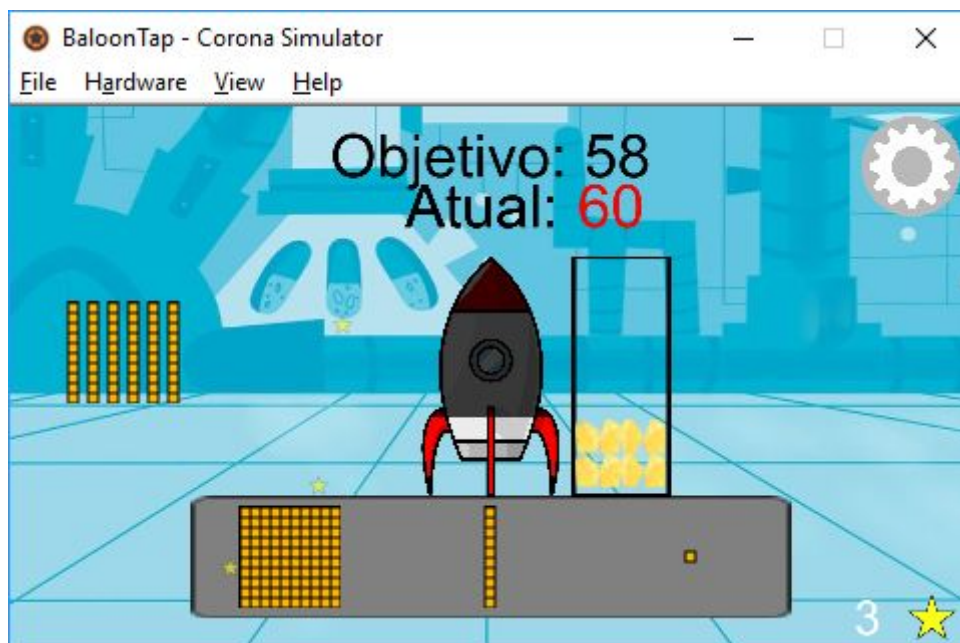


Figura 17 - Comportamento quando o valor ultrapassa o objetivo.

Após concluir 6 níveis corretamente o jogador avançará para o modo 2.

4.3.2. Modo 2 - Quiz

Como o jogador passou pelo modo 1 que introduz o material dourado e a relação entre números e quantidades, o modo 2 tem como objetivo realizar operações em cima destes. Tais operações são apresentadas no formato de quiz, onde o primeiro valor sempre é exibido como um conjunto de peças do material dourado, mas com apenas duas opções de resposta, certo ou errado como visto na Figura 18.

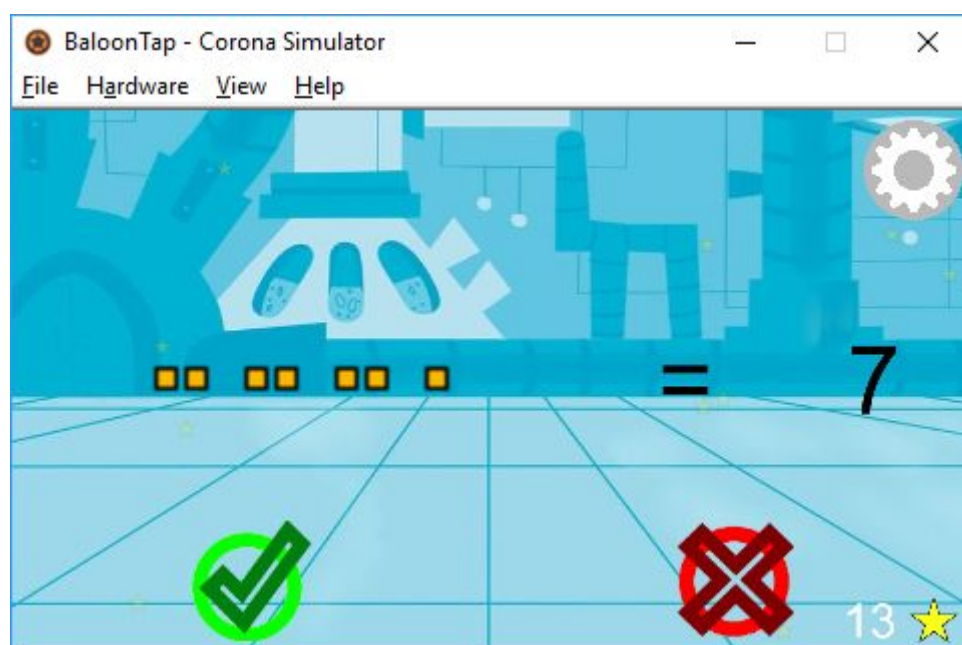


Figura 18 - Tela inicial do modo quiz.

O modo é constituído de doze equações geradas aleatoriamente com quatro níveis de dificuldade crescente e segue o mesmo padrão de pontuação do modo 1. Para concluir o modo, o jogador deve acertar doze vezes, podendo errar entre os acertos.

Caso o jogador acerte, é exibida uma mensagem de sucesso, a pontuação obtida e o jogador avança para a próxima equação. Caso o jogador erre, a mensagem será a de falha, seu multiplicador de pontos reiniciará assim como o nível atual, gerando uma nova equação. A mensagem de sucesso pode ser vista na Figura 19 e de falha, na Figura 20.



Figura 19 - Comportamento quando jogador seleciona a opção correta

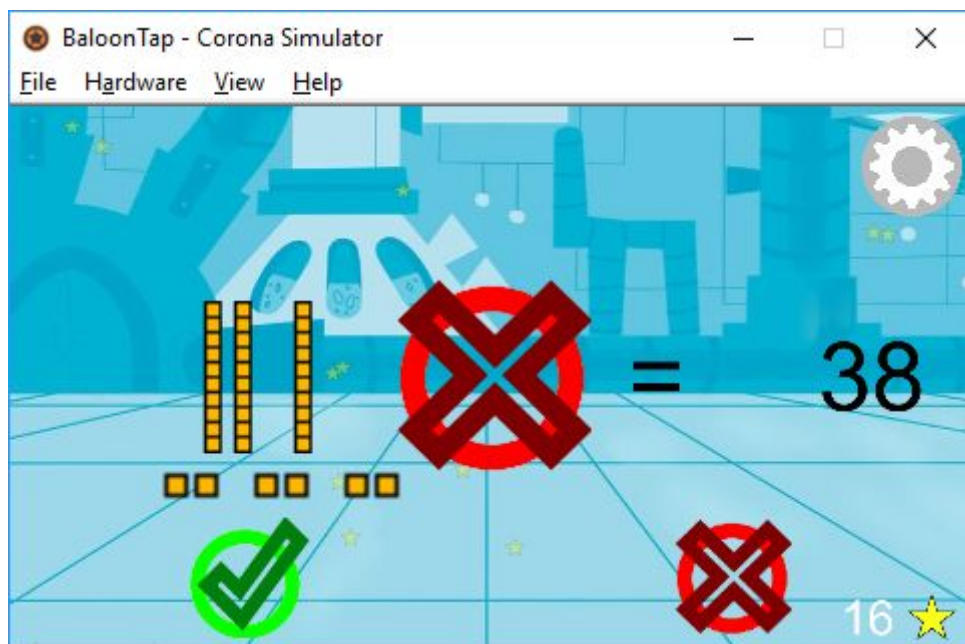


Figura 20 - Comportamento quando jogador seleciona a opção incorreta

Após obter 12 acertos, o jogador avança para o modo 3.

4.3.3. Modo 3 - Derrote os inimigos

Diferente dos modos anteriores, o “Derrote os inimigos” não utiliza o material dourado e possui uma outra abordagem. Pretendendo desenvolver as habilidades lógicas e motoras do jogador, esta interface é inspirada na versão de Martinez[6] onde cada nave inimiga possui um valor específico e

o jogador deve atingir a nave com valor igual ao resultado da operação exibida na tela. Na Figura 18 está denotada a interface do modo. Por ser mais extenso que os modos anteriores, possui um outro contador de pontos além da pontuação através de estrelas, que é apresentada nos outros modos, é a partir destes pontos que o sistema tomará decisões.

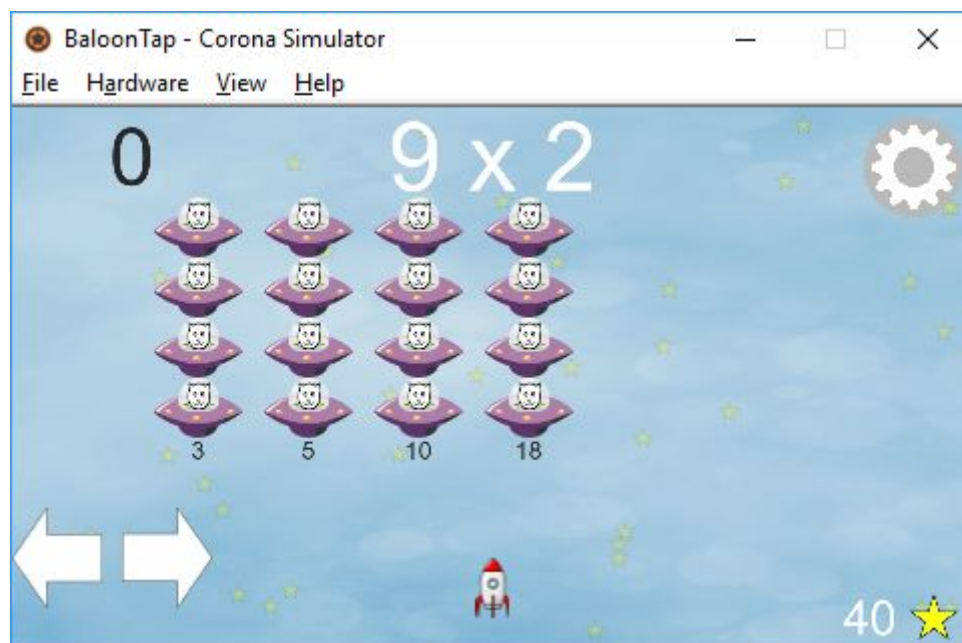


Figura 21 - Tela inicial do modo derrote os inimigos.

O objetivo do jogador é acertar a nave inimiga que possua a resposta da operação aritmética exibida no topo da tela até eliminar todas as 16 naves inimigas que se movem de um lado ao outro. A cada resposta certa, ou seja, sempre que uma nave com valor referente ao resultado da equação é atingida, são somados cem pontos ao contador, as setas direcionais ficam verdes indicando que o jogador acertou (Figura 22) e uma nova expressão aritmética é gerada com base nas naves ainda disponíveis, caso a nave atingida possua um valor diferente do esperado, são subtraídos cem pontos, as setas direcionais ficam vermelhas indicando que o jogador errou (Figura 23) e a equação permanece sem ser alterada.



Figura 22 - Comportamento quando nave atingida possui o valor correto.



Figura 23 - Comportamento quando nave atingida possui o valor incorreto.

Ao atingir a última nave, o jogador receberá sua pontuação e o modo recomeçará com a dificuldade definida pelo sistema. Como o objetivo deste modo é auxiliar no aperfeiçoamento das habilidades, diferentemente do objetivo de introduzir conteúdo encontrado nos modos apresentados anteriormente, foi construído utilizando uma máquina de estados que controla a dificuldade, aumentando, mantendo ou mesmo diminuindo o nível de acordo com os resultados obtidos (seção 4.4.1).

4.4. Dificuldade

A definição das dificuldades foi realizada de forma a incentivar o aprendizado do jogador, fazendo com que a dificuldade aumente de acordo com o avançar do jogo. Como o objetivo dos modos 1 e 2 é introduzir os conceitos de quantidade e relacionamento com os números, a dificuldade nestes é diretamente relacionada com o nível atual. Nas Tabelas 3 e 4 são detalhadas as dificuldades em cada um dos níveis dos modos 1 e 2 respectivamente.

| Nível | Valores possíveis |
|-------|-------------------|
| 1 e 2 | 10 a 19 |
| 3 e 4 | 25 a 75 |
| 5 e 6 | 100 a 159 |

Tabela 3 - Dificuldades dos níveis do modo abasteça a nave.

Os valores possíveis listados na tabela representam o intervalo que contém o objetivo do nível atual, se o jogador estiver no nível 4, por exemplo, será exibido um objetivo alvo de no mínimo 25 e no máximo 75. Desta forma o jogador sempre terá a chance de usar ao menos uma vez cada uma das peças do material dourado para completar o modo.

| Nível | Primeiro número da expressão | Segundo número da expressão | Operação |
|---------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 1 a 10 | - | Igualdade |
| 2 a 4 | 20 a 50 | - | Igualdade |
| 5 a 7 | 100 a 250 | - | Igualdade |
| 8 a 10 | 1 a 100 | 1 a 100 | Soma ou Subtração |
| 11 e 12 | 1 a 20 | 1 a 10 | Divisão ou Multiplicação |

Tabela 4 - Dificuldades dos níveis do modo quiz.

Como todos os valores referentes ao primeiro número das expressões no modo quiz são representados utilizando as peças do material dourado, esses níveis de dificuldade possibilitam o exercício de todas as operações matemáticas básicas, reforçando o entendimento da relação entre números e quantidades.

Enquanto os modos 1 e 2 possuem dificuldades predefinidas, ou seja, cada nível apresentará a mesma dificuldade indiferente da atuação do jogador, o modo 3 traz a dificuldade adaptativa. Isso ocorre pois o objetivo é o de auxiliar no desenvolvimento das habilidades lógicas da criança.

4.4.1. Máquina de estados

O controle da dificuldade do modo Derrote os Inimigos é realizado a partir de uma máquina de estados finitos. Segundo Hopcroft [17], uma máquina de estados finitos é um modelo matemático utilizado para representar sistema com entradas e saídas definidas. Dentre seus estados, ela possui um estado inicial, pelo menos um estado final e um estado atual, que muda de acordo com a situação. Para ir de um estado para outro é necessária uma transição, esta possui uma condição para definir quando ocorrerá.

Dentre as diversas utilizações da máquina de estados, uma a ser destacada é nos jogos, onde é empregada para controlar dificuldades de forma adaptativa, fazendo com que o usuário se sinta confortável enquanto joga, não perdendo o interesse no jogo por achá-lo fácil ou difícil demais[9].

A máquina de estados representada na Figura 24 é responsável por controlar a dificuldade do modo 3 utilizando a pontuação extra presente apenas neste modo, visível no topo esquerdo da Figura 22, como regra para mover entre os estados. Quando todas as naves forem atingidas, existem três possíveis situações:

- Se $\text{pontuação_total} \geq 900$ e $\text{dificuldade} < \text{dificuldade_máxima}$: dificuldade avança para o próximo nível e jogador recebe três estrelas;
- Se $900 > \text{pontuação_total} \geq 600$: dificuldade é mantida e jogador recebe duas estrelas;
- Se $\text{pontuação_total} \geq 600$ e $\text{dificuldade} = \text{dificuldade_máxima}$: dificuldade é mantida e jogador recebe duas estrelas;
- Se $\text{pontuação_total} < 600$ e $\text{dificuldade} > \text{dificuldade_mínima}$: dificuldade volta para o nível anterior e jogador recebe apenas uma estrela;

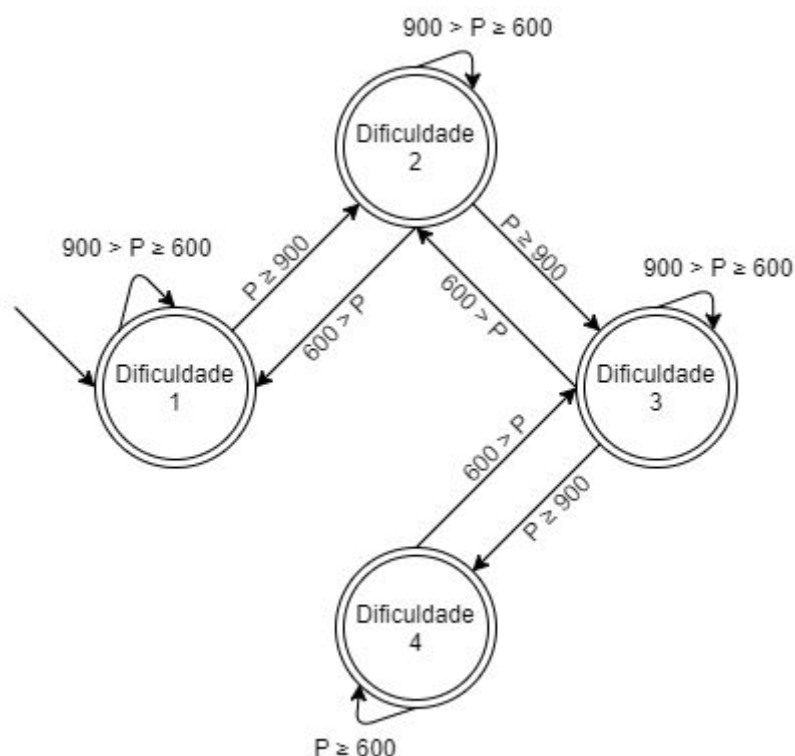


Figura 24 - Máquina de estados finitos dos níveis do jogo. A letra P representa a pontuação do jogador.

Cada uma das dificuldades representadas na Figura 21 está detalhada na Tabela 5.

| Nível | Primeiro número da expressão (soma e subtração) | Segundo número da expressão (soma e subtração) | Primeiro número da expressão (multiplicação e divisão) | Segundo número da expressão (multiplicação e divisão) |
|-------|---|--|--|---|
| 1 | 1 a 20 | 1 a 10 | 1 a 10 | 1 ou 2 |
| 2 | 20 a 100 | 1 a 20 | 1 a 10 | 1 a 10 |
| 3 | 20 a 100 | 20 a 100 | 1 a 30 | 1 a 10 |
| 4 | 50 a 200 | 20 a 100 | 10 a 50 | 1 a 10 |

Tabela 5 - Níveis de dificuldade presentes no modo derrote os inimigos.

Através desta abordagem, espera-se que o jogador não fique desestimulado a continuar jogando ao enfrentar uma etapa com dificuldade acima do esperado ou ache o jogo pouco desafiador. Também torna possível a expansão do jogo, inserindo novas dificuldades de forma mais fácil do que utilizando a dificuldade tradicional.

4.5. Arquitetura do sistema

Como o sistema foi desenvolvido utilizando o Corona Labs, foi adotado o conceito de *scene* na sua construção. As *scenes* fazem parte da biblioteca *composer*²⁰, responsável por gerir todas as *scenes* de um projeto e fornece ao desenvolvedor maneiras simples de criar e efetuar transições dentre *scenes* individuais. Por sua vez, a *scene* é um objeto que funciona como um *event listener* que responderá a comandos específicos e possui uma propriedade chamada de *self.view*, onde devem ser inseridos todos os elementos gráficos.

Como cada *scene* é referente à uma única tela, cada um dos modos de jogo, além da tela inicial, possui um próprio arquivo no formato lua que o define como uma *scene*. Os principais arquivos do jogo são listados a seguir:

- main.lua - Responsável por realizar a inicialização do sistema e da primeira *scene*;
- menu.lua - É a primeira *scene* a ser iniciada, responsável pela tela inicial do jogo;
- goldenMat.lua - *Scene* responsável por controlar o modo Abasteça a Nave e todas as suas variáveis;
- quiz.lua - *Scene* que gerencia o modo Quiz e todas as suas variáveis;
- ships.lua - *Scene* encarregada de controlar o modo Derrote os Inimigos e todas as suas variáveis. É aqui que está definida a máquina de estados responsável pela dificuldade adaptativa.
- statsController.lua - Encarregada de controlar os arquivos de persistência do sistema, criando, lendo ou escrevendo quando necessário.

Além destes, existem também os dois seguintes arquivos de configuração responsáveis por auxiliar na geração de versões e adaptação ao sistema em que o jogo irá rodar:

- build.settings - É onde são definidas as propriedades para geração de versões tais como orientação de tela, código da versão e permissões.
- config.lua - Responsável por armazenar as configurações referentes à aplicação em si como dimensões de tela, escala a ser utilizada, alinhamento da tela e quantidade de frames por segundo.

Como o jogo não apresenta dados complexos, foi implementado um sistema de persistência com utilização de arquivos de texto.

²⁰ <https://docs.coronalabs.com/api/library/composer/index.html> Acessado em 20/10/2017

4.5.1. Persistência

Para possibilitar que um jogador continue o jogo do ponto em que este parou e que seus acertos e erros pudessem ser registrados um sistema de persistência foi elaborado. Esse sistema funciona a partir da utilização dos dois seguintes arquivos de texto que salvam as variáveis principais para possibilitar a reconstrução do estado do jogo:

- `history.txt` - Contém informações como o modo, o nível, a dificuldade e a pontuação do jogador no momento em que este saiu do aplicativo ou voltou ao menu principal.
- `stats.txt` - Possui a quantidade de erros e acertos em cada um dos níveis de dificuldade de cada modo do jogo.

Ambos os arquivos são geridos pelo módulo *statsController*, encarregado de realizar as funções de leitura e escrita (incluindo a criação do arquivo na primeira execução). O conteúdo do arquivo `history.txt` tem suas informações atualizadas a cada início de um novo nível, enquanto o `stats.txt` é atualizado a cada resposta informada, sendo esta certa ou errada. Desta forma, só é necessário ler o arquivo `history.txt` na tela inicial, quando o jogo é aberto, enquanto o `stats.txt` é lido tanto no momento de atualização como no acesso à tela de histórico.

Na leitura do arquivo `history.txt` é verificado o primeiro valor do arquivo, responsável por salvar o modo que deve ser continuado, podendo ter valores entre 1 e 3, onde cada um se refere a um dos 3 modos de jogo. Caso o valor seja diferente, significa que houve algum erro no processo de escrita ou que o arquivo foi editado manualmente, desta forma, os dados do arquivo serão reiniciados e o jogo iniciará do seu estado original.

Já o arquivo `stats.txt` é organizado como um conjunto de 24 números separados por espaços, onde cada um está relacionado à quantidade de erros ou acertos de uma dada dificuldade de um dos modos de jogo. Esse valor pode ser atingido através da soma do número de dificuldade de cada etapa do jogo multiplicado por 2. No processo de atualização deste arquivo é passada como referência apenas a posição a ser alterada e o valor a ser escrito no arquivo seria igual ao valor previamente escrito mais um.

4.6. Recursos utilizados

Os arquivos de áudio, fonte e imagens utilizados neste trabalho possuem licença livre ou Creative Commons. As referências para estes recursos podem ser encontradas no Apêndice I.

4.7. Casos de uso

O sistema apresenta apenas um ator, o usuário, e os seus casos de uso podem ser encontrados no Diagrama 1. O detalhamento de cada um dos casos de uso pode ser encontrado no Apêndice II.

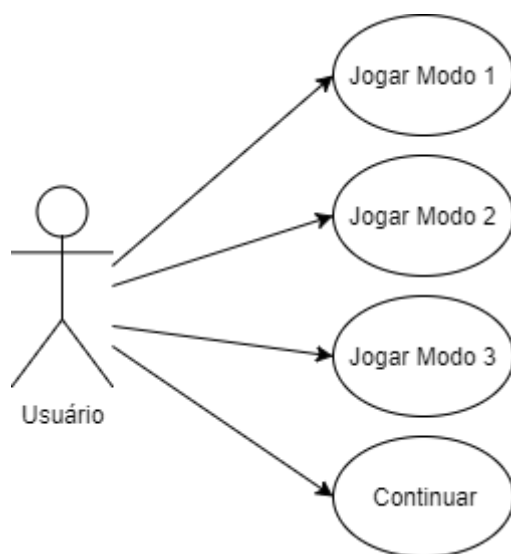


Diagrama 1 - Casos de uso do Operação Dourada.

4.8. Proposta de implantação em ambientes escolares

Segundo Calisto[5] uma das principais dificuldades enfrentadas pelos professores é manter o ambiente de ensino motivador e interessante para os alunos. Visando auxiliar os educadores neste cenário, foi elaborada uma forma de implantação do Operação Dourada em ambientes escolares.

É proposto que o Operação Dourada seja distribuído a alunos a partir do segundo ano do ensino fundamental por meio do professor responsável, possibilitando que o professor avalie o conhecimento de seus alunos além de incentivar a prática dos conhecimentos adquiridos em aula de uma forma divertida. Como o conteúdo e as dificuldades mais avançadas foram elaboradas para

alunos do quarto ano, cabe ao educador definir quais modos de jogo devem ser apresentados aos alunos.

A participação do professor deve ser limitada, deixando que a criança jogue sem auxílio enquanto a dificuldade do jogo se adapta aos seus conhecimentos, fornecendo uma experiência motivadora e sem frustrações. Após as crianças jogarem, o professor poderá acessar o histórico de erros e acertos destas para entender os conceitos que devem ser reforçados em aula.

Como o jogo não está disponível nas principais lojas de aplicativos, foi criado um manual para auxiliar no processo de instalação do jogo em dispositivos Android. O manual de instalação do Operação Dourada pode ser encontrado no Apêndice III deste trabalho.

4.9. Método de avaliação para o Operação Dourada

A fim de entender os pontos fortes e fracos do Operação Dourada na visão do usuário final, além de possibilitar o estudo do impacto na aprendizagem causado pelo jogo, foi proposto um método de avaliação baseado no conjunto de critérios apresentado por Martinez[6].

Utilizando como base a metodologia GameFlow para avaliação de jogos e o guia de avaliação LORI para análise de materiais e aplicações utilizados na aprendizagem online, Martinez[6] propõe um questionário composto por um conjunto de critérios para avaliação, onde cada um destes pode receber 5 níveis diferentes de nota: 1 = discordo totalmente, 2 = discordo parcialmente, 3 = não concordo, nem discordo, 4 = concordo parcialmente e 5 = concordo totalmente.

Segundo Neves[16], para uma boa avaliação é necessário que os critérios sejam adaptados de acordo com o jogo a ser avaliado. Como a versão proposta neste trabalho possui um objetivo diferente do proposto por Martinez[6], foram definidos os três critérios adicionais, dois no tópico “Alinhamento do Objetivo da Aprendizagem (LORI)” e um em “Feedback e Adaptação (LORI)”, para cobrir os pontos que não seriam abordados pelo questionário apresentado:

- Alinhamento do Objetivo da Aprendizagem (LORI)
 - O jogo auxiliou no entendimento do sistema de numeração decimal-posicional;
 - Os diferentes modos de jogo auxiliaram na fixação do conteúdo;
- Feedback e Adaptação (LORI)
 - Não enfrentei barreiras de dificuldade que impediram o progresso;

Incorporar estes critérios ao questionário de avaliação tornaria-o mais completo, possibilitando que este valide a eficácia da utilização do material dourado, além da divisão de seu conteúdo através de diferentes modos e se as dificuldades implementadas cobrem toda a curva de aprendizado, e desta forma, fazendo com que seus resultados sejam mais confiáveis. O questionário adaptado para a Operação Dourada pode ser encontrado no Apêndice IV deste trabalho.

Após o projeto e implementação, é possível realizar uma análise sobre o sistema em busca de identificar melhorias e falhas de acordo com os critérios previamente definidos. Os resultados obtidos a partir desta análise, assim como as conclusões finais e propostas para trabalhos futuros são listados no próximo capítulo.

5 Conclusão

Diante dos problemas enfrentados no contexto do ensino de matemática, este projeto propôs elaborar um jogo educativo para alunos do segundo ano do ensino fundamental que auxilie o entendimento e incentive o aprendizado desta, proporcionando uma experiência satisfatória. Para isso, foi utilizado como base o Espaço Matemático, jogo desenvolvido originalmente por Martinez[6].

Buscando entender o cenário atual de jogos educativos do mesmo tema foi realizado um estudo em cima dos principais títulos com o objetivo de analisar as características mais recorrentes e os assuntos que não são abordados nestes. A partir deste estudo foi possível definir o assuntos a serem abordados e os requisitos do sistema a ser desenvolvido.

Por meio da implementação do material dourado tornou-se possível tratar o sistema decimal-posicional, assunto pouco abordado pelos jogos estudados na seção 2.2, facilitando a percepção da relação entre os números e quantidades e fazendo com que os números deixem de ser apenas algarismos para se tornar objetos tangíveis.

Outro ponto que não está presente em grande parte dos jogos analisados é a dificuldade adaptativa. Através da implementação desta no Operação Dourada espera-se que a experiência do jogador torne-se mais interessante e menos frustrante, fazendo com que ele não se sinta desinteressado ao se deparar com desafios muito complexos ou triviais.

A partir da introdução do Operação Dourada para alunos do quarto ano do ensino fundamental, é esperado que estes apresentem um maior interesse pela matemática, passando a ver o aprendizado como algo divertido e, desta forma, um melhor aproveitamento.

5.1. Comparação com outros jogos

A partir da tabela 1, apresentada na seção 2.2.2, foi criada a Tabela 6 que compara os jogos estudados com o Operação Dourada, mantendo os mesmos critérios definidos anteriormente.

| | Escolha de conteúdo | Tutoria l ou ajuda | Confi- guração do tipo de resposta | Tipo de dificul- dade | Tempo- rizador | Repeti- ção de pergun- tas | Penali- zação | Multi- jogador | Associa- ção entre números e quanti- dades |
|--|---------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------|---------------|----------------|--|
| Jogos de Matemática | Sim | Não | Não | Estáti- ca | Sim | Não | Sim | Não | Não |
| Jogos educativos de Matemática : adição, tabuada | Não | Sim | Não | Adap- tativa | Sim | Sim | Sim | Não | Sim |
| Mestre da Matemática | Sim | Sim | Não | Pré Defini- da | Sim | Não | Sim | Não | Não |
| Adição e Subtração | Sim | Não | Não | Pré Defini- da | Não | Sim | Não | Não | Não |
| Tabuada de Multiplicar | Não | Sim | Não | Pré Defini- da | Sim | Não | Sim | Sim | Não |
| Aprenda a Tabuada Brincando | Não | Sim | Sim | Estáti- ca | Sim | Não | Sim | Não | Não |
| Operação Dourada | Não | Sim | Não | Adap- tativa | Sim | Sim | Sim | Não | Sim |

Tabela 6 - Comparação entre o Operação Dourada e diversos jogos educativos de matemática.

Como o conteúdo do Operação Dourada fica mais difícil conforme o jogador avança pelos níveis e modos de jogo, optou-se por não possibilitar que o jogador possa escolher o conteúdo a ser apresentado. Assim como a maioria dos jogos estudados, o Operação Dourada também não apresenta configuração do tipo de resposta nem suporte à multijogadores.

O tutorial está presente no início dos modos, onde é exibido ao jogador o modo de interação como visto na Figura 25. A implementação do temporizador acontece no terceiro modo, onde caso o jogador não consiga destruir todas as naves antes delas atingirem a nave do próprio jogador, o nível é reiniciado. Algumas equações podem se repetir raramente nos dois primeiros modos, porém

a frequência sobe no modo 3, como a criança pode ficar por tempo indefinido jogando em uma mesma dificuldade, em certo momento pode encontrar equações já vistas anteriormente.

O material dourado é utilizado para realizar a relação entre quantidades e os algoritmos que as representam, tópico este que só havia sido encontrado em um dos jogos estudados, e serviu como base para desenvolvimento do jogo. Já a penalização no caso de erro acontece com a subtração de pontos no modo 3 e reinício do multiplicador de pontos nos outros 2 modos. A dificuldade adaptativa implementada também utiliza esta penalização para definir se a dificuldade deve se manter, aumentar ou diminuir.

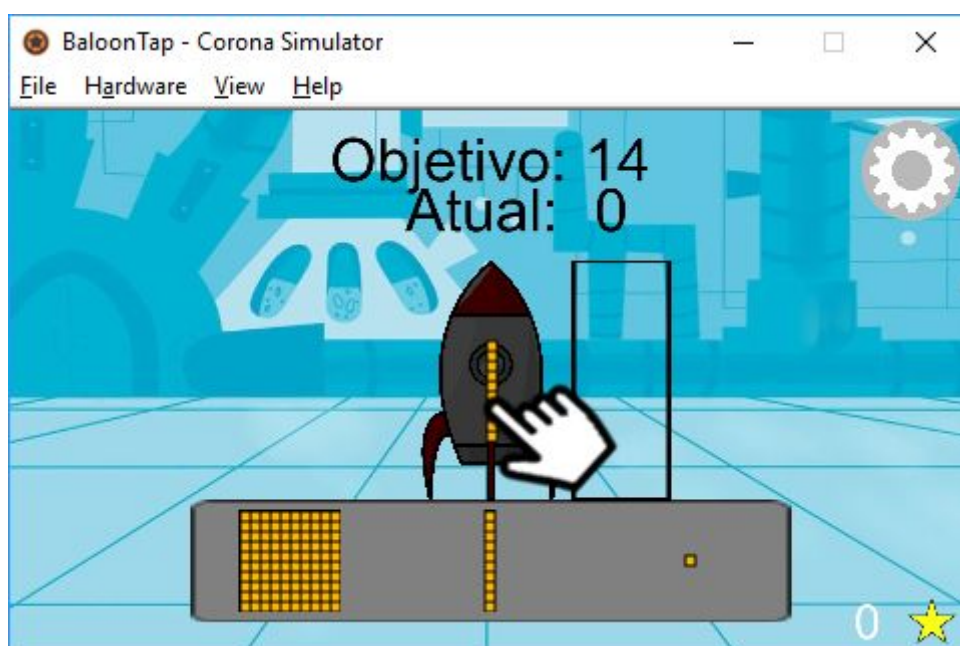


Figura 25 - Tutorial representando como o jogador deve mover as peças.

5.2. Comparação com o Espaço Matemático

Para entender as principais diferenças entre o jogo aqui definido e a versão anterior do Espaço Matemático foi gerada a Tabela 7 que une os critérios definidos neste trabalho e os definidos por Martinez[6].

| | Operação Dourada | Espaço Matemático |
|---------------------|------------------|-------------------|
| Escolha de conteúdo | Não | Não |
| Tutorial ou ajuda | Sim | Sim |

| | | |
|--|-----------------------------|------------|
| Configuração do tipo de resposta | Não | Não |
| Associação entre números e quantidades | Sim | Não |
| Temporizador | Sim | Sim |
| Repetição de perguntas | Sim | Não |
| Penalização | Sim | Sim |
| Multijogador | Não | Não |
| Tipo de dificuldade | Adaptativa | Adaptativa |
| Sistema operacional | Android, iOS, Windows Phone | Android |
| Modos de jogo | 3 | 1 |

Tabela 7 - Comparação entre as duas versões do Espaço Matemático.

Além das diferenças nas estruturas do jogo, onde um é dividido em 3 modos de jogo diferentes e o outro apresenta apenas um, a principal disparidade entre as duas versões é a implementação do material dourado, que possibilita a associação entre números e quantidades além de auxiliar no processo de aprendizagem do sistema decimal-posicional, que não é abordado por Martinez.

Como ambos os jogos apresentam a dificuldade adaptativa, não é possível que o usuário escolha o conteúdo que pretende jogar. Enquanto a repetição de perguntas é evitada na versão de Martinez, optou-se por permitir que ocorresse no Operação Dourada para auxiliar na prática do jogador, evitando que “chutes” contem como respostas corretas.

Apesar de não ser validado neste trabalho, o Corona Labs possibilita a geração de versões para os três principais sistemas operacionais de dispositivos móveis sendo estes Android, iOS e Windows Phone a partir de um mesmo código fonte. Entretanto, por ter sido implementado a partir da plataforma de desenvolvimento do Android, o Android Studio²¹ a versão de Martinez não apresenta tal possibilidade.

5.3. Trabalhos futuros

²¹ <https://developer.android.com/studio/index.html?hl=pt-br> Acessado em 20/10/2017

Como trabalhos futuros, visando validar e analisar os possíveis impactos causados pelo Operação Dourada, vale ressaltar as seguintes ações:

- Definir uma maneira de implementar o material dourado no modo Derrote os Inimigos para versões futuras do Operação Dourada, auxiliando ainda mais na fixação dos conceitos referentes ao sistema decimal-posicional;

- Aplicar, através da proposta apresentada em 4.8, o questionário encontrado no Apêndice IV deste trabalho, possibilitando a mensuração do impacto causado pelo jogo. O mesmo questionário pode ser utilizado para comparar os jogos, apresentados na seção 2.2, a partir do ponto de vista do jogador, fornecendo mais informações sobre as vantagens e desvantagens de cada um deles;

- Realizar a distribuição do Operação Dourada para outros sistemas operacionais através da utilização do Corona Labs para geração de versão e lojas de aplicativos como a Play Store²², aumentando o alcance e possibilitando testes de maior escala.

²² https://play.google.com/store?hl=pt_BR Acessado em 15/11/2017

Referências Bibliográficas

- [1] Leonardo, P. P.; Miarka, R.; Menestrina, T. C.. A importância do ensino da matemática na educação infantil. I Simpósio Educação Matemática em Debate, 2014. v. 1, p. 42-54
- [2] de Andrade, Sonia Regina, Rosemari Fagá Viégas, and José Américo Martelli Tristão. "Políticas de avaliação do ensino básico: A educação matemática no Brasil." (2009).
- [3] Neto, José Francisco Barbosa, and Fernando de Souza da Fonseca. "Jogos educativos em dispositivos móveis como auxílio ao ensino da matemática." RENOTE 11.1 (2013).
- [4] Junior, F. R., Ferraro, N. G., & de Toledo Soares, P. A. (2007). Os fundamentos da física, Moderna, 9ª edição.
- [5] Calisto, André, David Barbosa, and Carla Silva. "Uma análise comparativa entre jogos educativos visando a criação de um jogo para educação ambiental." Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). Vol. 1. No. 1. 2010.
- [6] Martinez, Karina Martins, "Espaço Matemático: jogo adaptativo de matemática" UNIRIO. Rio de Janeiro (2016).
- [7] NASCIMENTO, João Kerginaldo. Informática aplicada à educação. Brasília - 2007.
- [8] TAJRA, Sanmya Feitosa. Informática na educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor da atualidade. 2. ed. São Paulo: Érica, 2000. 143 p.
- [9] Gilleade; K. M.; Dix, A. . Using Frustration in the Design of Adaptive Videogames. ACE - Advances in Computer Entertainment Technology, 3 a 5 de Junho de 2004.
- [10] FREITAS, Rony Cláudio de Oliveira. "Um ambiente para operações virtuais com o material dourado." Vitória-ES. Dissertação (Mestrado em Informática). Universidade Federal do Espírito Santo (2004).
- [11] Celes, Waldemar, Luiz Henrique de Figueiredo, and Roberto Ierusalimschy. "A Linguagem Lua e suas Aplicações em Jogos." Rio de Janeiro (2004).
- [12] Araujo, B. B. P. L.. Um estudo sobre adaptatividade dinâmica de dificuldade em jogos. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2012.
- [13] Cowley, B.; Charles, D.; Black, M. ; Hickey, R.. Toward an understanding of flow in video games. Computers in Entertainment. ACM Computers in Entertainment, v. 6, nº 2, Artigo 20, Julho de 2008.
- [14] Nesbit, J.; Belfer, K.; Leacock, T. Learning Object Review Instrument(LORI) User Manual v.1.5.
- [15] Medeiros, M. O.; Schimiguel, J. UMA ABORDAGEM PARA AVALIAÇÃO DE JOGOS EDUCATIVOS: ÊNFASE NO ENSINO FUNDAMENTAL. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 10, n.3,2012
- [16] Neves, D. E.; Santos, L. G. N. de O.; Santana, R. C.;Ishitani, L.. Avaliação de jogos sérios casuais usando o método GameFlow. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v.6, n.2, p. 45-59, 2014.
- [17] Hopcroft, J; Ullman, J. "Chapter 2 Finite Automata and Regular Expressions", Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation, 1979.

Apêndice I - Imagens e sons utilizados no Operação Dourada.

Fonte utilizada:

Zorque - <http://www.1001fonts.com/zorque-font.html>

Imagens utilizadas:

Engrenagem - <https://openclipart.org/detail/234562/settings-button>

Lua - <https://openclipart.org/detail/20299/moon-in-comic-style>

Queijo - <https://openclipart.org/detail/216864/small-cheese>

Nave do jogador - <https://openclipart.org/detail/28806/a-cartoon-moon-rocket>

Gato (Inimigo) - <https://openclipart.org/detail/75877/cat-line-art>

Rato - <https://openclipart.org/detail/17558/simple-cartoon-mouse>

Nave Inimiga - <https://openclipart.org/detail/20150/ufo-in-cartoon-style>

Laboratório (*background*) -

<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/29/12/fc/2912fcca32cd239f37d6a93d1664a940.jpg>

Mão - https://www.flaticon.com/free-icon/clicker_99162#term=hand&page=1&position=22

Áudios utilizados:

Disparo - <https://freesound.org/people/jeremysykes/sounds/344513/>

Resposta correta - <https://freesound.org/people/LittleRainySeasons/sounds/335908/>

Resposta incorreta - <https://freesound.org/people/SgtPepperArc360/sounds/341732/>

Apêndice II - Casos de Uso

| | |
|------------------|--|
| Caso de uso: | Jogar Modo 1 |
| Atores: | Usuário |
| Pré-Condições: | Tela inicial sendo exibida ao jogador |
| Pós-Condições: | Jogo é iniciado no modo “Abasteça a Nave”. |
| Fluxo Principal: | 1 - Usuário pressiona o botão “Modo 1”; 2 - Sistema exibe o primeiro nível do modo “Abasteça a Nave”; |

| | |
|------------------|---|
| Caso de uso: | Jogar Modo 2 |
| Atores: | Usuário |
| Pré-Condições: | Tela inicial sendo exibida ao jogador |
| Pós-Condições: | Jogo é iniciado no modo “Quiz”. |
| Fluxo Principal: | 1 - Usuário pressiona o botão “Modo 2”; 2 - Sistema exibe o primeiro nível do modo “Quiz”; |

| | |
|------------------|--|
| Caso de uso: | Jogar Modo 3 |
| Atores: | Usuário |
| Pré-Condições: | Tela inicial sendo exibida ao jogador |
| Pós-Condições: | Jogo é iniciado no modo “Derrote os Inimigos”. |
| Fluxo Principal: | 1 - Usuário pressiona o botão “Modo 3”; 2 - Sistema exibe o primeiro nível do modo “Derrote os Inimigos”; |

| | |
|----------------------|--|
| Caso de uso: | Continuar |
| Atores: | Usuário |
| Pré-Condições: | Tela inicial sendo exibida ao jogador |
| Pós-Condições: | Jogo é iniciado no último modo jogado no mesmo nível de dificuldade. |
| Fluxo Principal: | 1 - Usuário pressiona o botão “Continuar”;; 2 - Sistema exibe o último modo jogado com o mesmo nível de dificuldade; |
| Fluxo Alternativo 1: | 1 - Sistema não identifica histórico de jogos anteriores; 2 - Sistema exibe o primeiro nível do modo “Abasteça a Nave”; |

Apêndice III - Manual de instalação

Este manual foi criado utilizando como base um celular de modelo ASUS_Z00LD com sistema operacional Android versão 6.0.1, logo, o processo de instalação pode apresentar diferenças para versões diferentes.

Passo 1: Realize o download do arquivo de instalação EspaçoMatematico2.apk(Figura 26) a partir do seguinte link:

<https://github.com/lssalgado/MathSpace/blob/master/OperacaoDourada.apk>

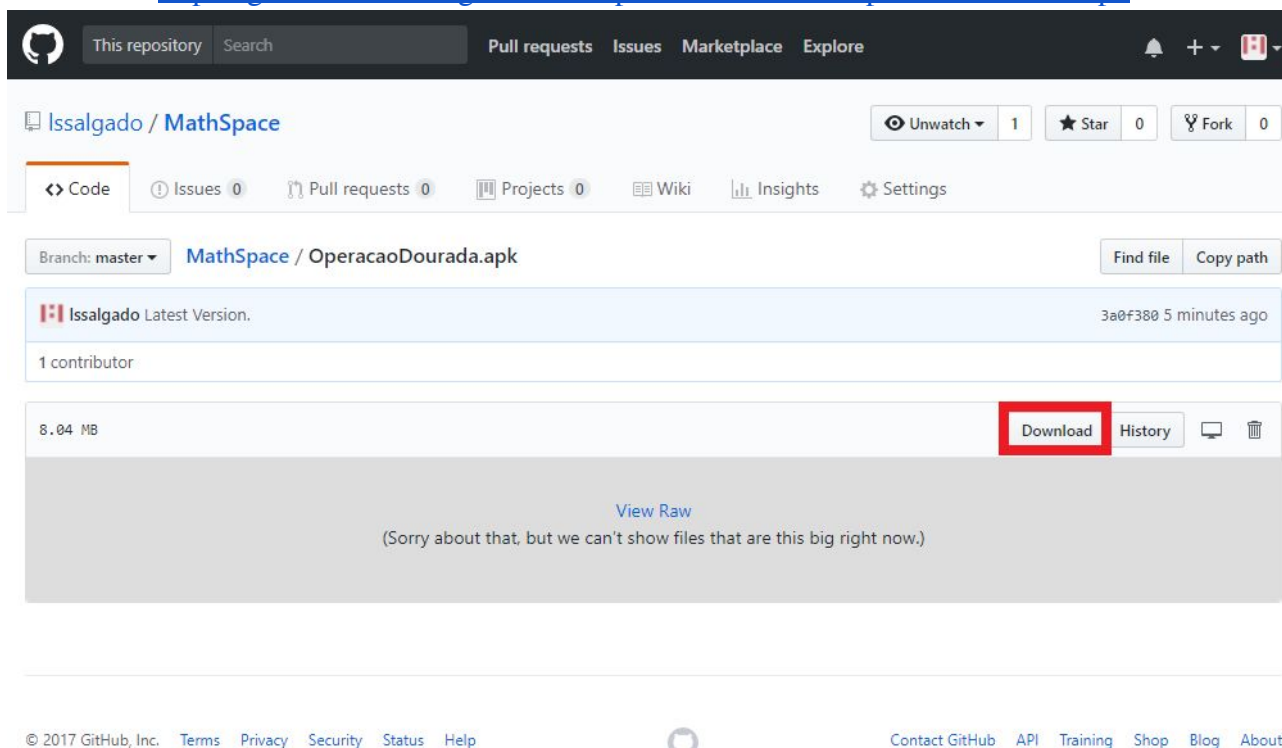


Figura 26: Página de download do arquivo OperacaoDourada.apk

Passo 2: Vá até as opções de segurança do aparelho(Figura 27).



Figura 27: Selecionando a opção “Segurança” nas configurações do aparelho.

Passo 3: Na parte de “Administração do Aparelho” habilite a opção “Fontes Desconhecidas” e confirme em seguida(Figura 28).



Figura 28: Habilitando a instalação de aplicativos de fontes desconhecidas.

Passo 4: No gerenciador de arquivos do aparelho, localize e instale o arquivo EspaçoMatematico.apk(Figura 29).



Figura 29: Selecionando o arquivo e confirmando a instalação.

Apêndice IV - Questionário de Avaliação

| Critério | Afirmativa | Nota | | | | |
|--|--|------|--|--|--|--|
| Qualidade do Conteúdo (LORI) | Entendi as perguntas do jogo. | | | | | |
| | Percebi erro nas respostas das perguntas do jogo. | | | | | |
| Alinhamento do Objetivo da Aprendizagem (LORI) | Reforcei os meus conhecimentos sobre as operações matemáticas com o jogo. | | | | | |
| | O jogo auxiliou no entendimento do sistema de numeração decimal-posicional | | | | | |
| | Os diferentes modos de jogo auxiliaram na fixação do conteúdo | | | | | |
| Feedback e Adaptação (LORI) | O jogo responde bem aos meus erros e acertos. | | | | | |
| | Senti a dificuldade do jogo modificar conforme a minha pontuação. | | | | | |
| | Não enfrentei barreiras de dificuldade que impediram o progresso | | | | | |
| Motivação (LORI) | Senti-me motivado a aprender | | | | | |

| | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|--|--|--|--|
| | matemática | | | | | |
| | Senti-me motivado a continuar jogando. | | | | | |
| Usabilidade (LORI) | Foi fácil navegar pelo jogo | | | | | |
| | Entendi claramente o que cada botão do jogo faz. | | | | | |
| Design da Apresentação (LORI) | Os sons do jogo são agradáveis | | | | | |
| | As imagens do jogo são agradáveis. | | | | | |
| | Consigo ler todos os textos do jogo. | | | | | |
| | Consigo entender de forma clara todos os textos do jogo. | | | | | |
| Concentração (GameFlow) | O jogo possui elementos que me distraem durante a partida. | | | | | |
| | Senti-me concentrado ao jogar. | | | | | |
| Desafio (GameFlow) | Senti-me desafiado pelo jogo. | | | | | |
| Habilidade do Jogador (GameFlow) | Foi fácil aprender a jogar | | | | | |
| | Foi divertido aprender a jogar. | | | | | |
| Controle (GameFlow) | Senti que as minhas escolhas mudavam os acontecimentos no jogo. | | | | | |
| | Os botões correspondiam aos meus comandos. | | | | | |
| Objetivos Claros (GameFlow) | Entendi as regras do jogo. | | | | | |
| | As instruções foram suficientes para entender as regras do jogo | | | | | |

Tabela 8 - Questionário de avaliação do Operação Dourada.