

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Abner Gillet Farias

**Adição de ensinios da matemática ao jogo educativo “As
Aventuras de Amaru”**

Belém
2018

Abner Gillet Farias

**ADIÇÃO DE ENSINOS MATEMÁTICOS AO JOGO EDUCATIVO “AS
AVENTURAS DE AMARU”**

Trabalho de Conclusão de
Curso para obtenção do grau de
Bacharel em Ciência da
Computação

Orientador: Prof. Dr. Dionne
Cavalcante Monteiro. Co-
Orientador: Prof. Márcio Lima
Nascimento.

Belém
2018

Abner Gillet Farias

**ADIÇÃO DE ENSINOS MATEMÁTICOS AO JOGO EDUCATIVO “AS
AVENTURAS DE AMARU”**

Dissertação apresentada para
obtenção do grau de Bacharel
em Ciências da Computação do.
Instituto de Ciências Exatas e
Naturais. Universidade Federal
do Pará

Data da defesa: 08/02/2018

Banca Examinadora

Prof. Dr. Dionne Cavalcante Monteiro

Faculdade de Computação/UFPA – Orientador

Prof. Marcio Lima de Nascimento

Faculdade de Matemática/UFPA - Co-Orientador

Prof. Filipe Oliveira Saraiva

Faculdade de Computação/UFPA - Avaliador

Dedicado a minha família e
amigos, que sempre me
ajudaram quando foi
necessário.

Agradecimentos

Agradeço a minha família, especialmente aos meus pais, meus avós e ao meu irmão, que sempre estiveram comigo durante toda a minha graduação, me apoiando e ajudando sempre quando necessário.

Também agradeço aos meus amigos, pessoas com quem sempre pude me divertir e trocar ideias. Aos Professores da Faculdade de Ciência de Computação pela dedicação, e em especial Prof. Dr. Dionne Monteiro e ao Prof. Márcio Nascimento, pelo seu inestimável auxílio durante a orientação e a criação deste trabalho.

Aos meus colegas graduandos de Ciência da Computação, que me ajudaram a entender como funciona o Unity e a solucionar alguns problemas na utilização desta ferramenta. Por fim, agradeço a banca examinadora.

RESUMO

Este trabalho visa ampliar o projeto “As Aventuras de Amaru”, para complementar o ensino de conceitos matemáticos básicos, como adição e subtração, através da inserção de jogos para que a experiência do aprendizado seja divertida. A disciplina de matemática é considerada por muitas pessoas tediosa e de difícil aprendizagem, e esta opinião reflete principalmente nas crianças e adolescentes. Esta falta de interesse pelos números acaba colocando países subdesenvolvidos como o Brasil em péssimas colocações nos rankings mundiais de educação. Um dos principais fatores para estes resultados se dá pela forma como é lecionada onde muitos professores simplesmente colocam seus alunos para fazerem cálculos abstratos, sem nenhuma contextualização à vida real ou alguma forma de elemento lúdico para manter a atenção e o aprendizado dos mesmos. Contudo existem novas metodologias que buscam mudar esta realidade, e uma delas é a da *gamification*, que busca integrar elementos de jogos lúdicos à cenários onde estes normalmente não se encaixam. Esta técnica vem se provando bastante eficiente, e o projeto “As Aventuras de Amaru” é um fruto dessa técnica. Com uma narrativa simples e usando uma estrutura educacional feita por psicólogos, este jogo complementa as aulas de língua portuguesa das crianças do 1º ano do ensino fundamental. Devido aos seus resultados positivos, sentiu-se então a necessidade de expandir este projeto. Após as mudanças forem realizadas, este projeto pode servir como uma ferramenta de apoio ao ensino da matemática nas escolas, de modo que possa melhorar a qualidade do ensino no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Matemática, Jogos Digitais, Jogos Educacionais, Educação, Ensino.

ABSTRACT

This work aims to expand the project "The Adventures of Amaru", to complement the teaching of basic mathematical concepts, such as addition and subtraction, through the insertion of games to make the learning experience fun. The discipline of math is considered by many to be tedious and difficult to learn, and this view mainly reflects on children and adolescents. This lack of interest in the numbers ends up putting underdeveloped countries such as Brazil in terrible positions in the world rankings of education. One of the main factors for these results is the way it is taught where many teachers simply put their students to do abstract calculations with no real-life context or some form of play element to maintain their attention and learning. However, there are new methodologies that seek to change this reality, and one of them is *gamification*, which seeks to integrate elements of playful games into scenarios where they do not normally fit. This technique proves to be quite efficient, and the project "The Adventures of Amaru" is a fruit of this technique. With a simple narrative and using an educational structure made by psychologists, this game complements the Portuguese language classes of the first year of elementary school. Due to its positive results, the need to expand this project was felt. After the changes are made, this project can serve as a tool to support the teaching of mathematics in schools, so that it can improve the quality of teaching in Brazil.

KEY WORDS: Mathematics, Digital Games, Educational Games, Education, Teaching.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	11
1.2 Justificativa	11
1.3 Motivação	12
1.4 Materiais e métodos	13
1.5 Estrutura	13
2. TRABALHOS RELACIONADOS	14
2.1 Aprendendo a ler e a escrever em pequenos passos (ALEPP)	14
2.2 Toth: jogo eletrônico para aprendizagem da matemática	16
2.3 A Ilha de Euler: Jogos digitais e <i>gamification</i> nas aulas de matemática, licenciatura	17
2.4 Oceano Matemático	18
2.5 Projeto “As Aventuras de Amaru”	19
2.6 Reader Rabbit's Math	21
2.7 Tabela de comparações	22
3. MÓDULO DE MATEMÁTICA DO PROJETO “AS AVENTURA DE AMARU”	23
3.1 <i>Minigames</i> de “As Aventuras De Amaru”	24
3.2 Correção das respostas	27
3.3 Tarefas	28
3.4 Adaptação dos <i>minigames</i> anteriores a nova metodologia	31
3.4.1 <i>Verificação de respostas em minigames de matemática</i>	32
3.5 <i>Minigame</i> de ligar figuras	35
3.6 <i>Minigame</i> de completar a figura	39
4. TESTES DE SOFTWARE	42
4.1 Teste funcional	42
4.1.1 <i>Teste de caso de uso</i>	42
4.1.2 <i>Teste de regressão</i>	45
4.2 Resultados	45
5. CONCLUSÃO	46
5.1 Resumo	46

5.2 Dificuldades Encontradas	46
5.3 Trabalhos Futuros	46
6. REFERÊNCIAS	48

1. Introdução

A matemática é algo importante, mas ultimamente ela se tornou ainda mais crucial para nossas vidas, estando presente em vários em diversas áreas do ensino e em momentos em nossas vidas. Entretanto não é de hoje que ela e o seu ensino são considerados algo chato e difícil, tanto para crianças quanto para adultos. O Brasil não é conhecido como uma nação que valoriza a educação, e isto acaba se refletindo nos resultados de pesquisas, e estes não são nada animadores. O último estudo da rede mundial de avaliação de ensino *Programme for International Student Assistance* (PISA), realizado em 2015 e que envolveu 70 países, mostra que o Brasil caiu em três áreas: Leitura, ciência e matemática, com esta última caindo da 59^a para a 66^a posição no ranking. Apesar de estes estudos serem focados no final do ensino fundamental e no ensino médio, pode-se rastrear o problema até os primeiros anos do ensino fundamental menor, ou seja, a parte do ensino fundamental que aborda do 1º ao 5º ano.

No Plano Nacional de Educação (PLE) existe uma meta de que até 2024 todas as crianças devem estar plenamente alfabetizadas (ou seja, que saibam ler, escrever e que tenha conhecimentos matemáticos básicos) até o 3º ano do ensino fundamental. Entretanto é possível que esta meta não seja cumprida, pois em 2014 aproximadamente 43% das crianças eram alfabetizadas matematicamente. Estes resultados refletem-se na incapacidade de algumas crianças terem em realizar contas com números maiores de 20 e em ver as horas em um relógio digital. Resultados nada animadores também são encontrados em um estudo recente da Unesco, onde apenas 14% das crianças saem do ensino fundamental com conhecimentos plenos em matemática.

Apesar destes dados, a pesquisa matemática no Brasil está evoluindo bastante. O país conseguiu em 2018 chegar a elite da pesquisa matemática no mundo, figurando ao lado de nações como Alemanha, Japão e China e isto acaba influenciando pesquisadores de todo mundo a trabalhar em nosso país. Segundo o colunista do jornal Folha de São Paulo e diretor-geral do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) Marcelo Viana:

“O número de trabalhos de pesquisa de matemáticos brasileiros dobrou de 2006 para 2016, e quase decuplicou na comparação com 1986. Os números ficam ainda mais impressionantes quando comparamos com os totais mundiais: enquanto que em 2006 produzíamos 1,53% de toda a matemática mundial, em 2016 esse percentual já era 2,35% e com tendência claramente ascendente.”

Enquanto isto é animador, a matemática elementar não está neste nível ainda. Um dos motivos é a forma como o ensino é ministrado nas escolas de nível básico e médio, onde é lecionada de forma desconectada da realidade e normalmente resumindo-se a professores colocando seus alunos para fazer contas e raciocínios abstratos que possuem pouca ou nenhuma relação com a vida dos alunos, sendo somente um teste de inteligência para separar os alunos (Étienne Gyss, 2017). Segundo Marcelo Viana (2017b) em outro de seus textos, há um distanciamento entre a matemática elementar e a matemática avançada, onde se é deixado

de lado um reforço dos conceitos do primeiro e privilegiando o segundo. Entretanto, ultimamente vem surgindo projetos para diminuir aproximar ambas, como o Projeto Klein e o Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT). A falta de investimento tanto na formação dos professores quanto na estrutura das escolas são outros dos grandes motivos para esse desempenho ruim, pois sem uma formação decente eles não podem passar conhecimento de forma correta.

Enquanto que alguns passos para a resolução deste problema estão fora do escopo do curso de ciência da computação, ainda é possível amenizá-lo através da *gamification*. Utilizando como base o projeto “As Aventuras de Amaru”, este trabalho propõe uma expansão deste mesmo, com o objetivo de expandir e melhorá-lo, de modo que seja possível utilizá-lo para complementar o ensino da matemática nas escolas de ensino fundamental do nosso país.

1.1 Objetivos

Este projeto visa expandir o jogo “As Aventuras de Amaru” adicionando um módulo de matemática para o mesmo. Para alcançar este objetivo será necessário criar novos *minigames* e adaptar os existentes, de modo que estes possam representar operações matemáticas básicas, como adição, subtração e identificação de frações. Além disto, serão necessárias novas imagens para representar as operações matemáticas e remover alguns erros que, apesar de não serem graves, comprometem a experiência do jogador.

Os objetivos deste trabalho seriam:

- Pesquisar formas de qual seria a melhor forma de ludificar a matemática
- Planejar a construção dos novos *minigames* baseando-se na pesquisa realizada
- Implementar novos *minigames* que possam auxiliar crianças da alfabetização nas operações básicas e no aprendizado de frações
- Realizar testes de softwares dos *minigames* criados
- Criar novas imagens para os novos *minigames*
- Facilitar a criação de outros módulos de ensino ou *minigames* através de mudanças no código-fonte
- Consertar erros de builds anteriores

1.2 Justificativa

Ultimamente vem surgindo muitas técnicas que tentam melhorar o aprendizado, que envolvem desde aulas ao ar livre, salas de aulas com paredes de vidro, utilização de tecnologias para complementar o ensino, entre outras formas. Uma destas é a *gamification*, que consiste em utilizar elementos de jogos eletrônicos em áreas onde estes normalmente não estariam presentes, como marketing, saúde e educação, de modo a enriquecer o conteúdo oferecido através de atividades lúdicas. Esses jogos normalmente são denominados como

Jogos Sérios, pois não possuem como foco principal o entretenimento, apesar de estes ainda podem se utilizar disso como uma forma de ajudar em seu objetivo.

Entretanto é notável a falta de ferramentas de *gamification* na educação em nosso país. São poucos os projetos que conseguem realizar algo concreto, e a maioria deles ainda se encontram em um estado inicial, aonde os projetos vão lentamente se expandindo em seus objetivos e melhorando a jogabilidade.

Outra técnica mais antiga, porém ainda bastante popular é o do entretenimento educativo, mais conhecido como *edutainment*. Ela visa utilizar ferramentas tecnológicas, como videogames e filmes para ajudar no ensino. Enquanto bastante similar a *gamification*, *edutainment* é utilizada mais para ensinar assuntos escolares, enquanto a *gamification* é utilizada bastante em solução de problemas em diversas áreas.

Como dito anteriormente, o ensino no Brasil em geral não se encontra em um bom estado. Visando melhorar isto, surgiu o projeto “As Aventuras de Amaru”, que pode ser considerado um exemplo bem sucedido de *gamification*, buscando ajudar crianças no processo de aprendizado da leitura ao utilizar uma narrativa simples e um personagem carismático. Porém, foi notado que a estrutura do jogo seria capaz de servir não só para o seu propósito original, mas também poderia ser aplicado ao ensino da matemática.

1.3 Motivação

Os resultados do modelo atual de ensino no Brasil não são muito eficientes, com o país normalmente figurando nas colocações mais baixas de educação mundial, como o do PISA. Segundo os especialistas da área os principais responsáveis por estes resultados são a falta de investimento na educação, à formação dos professores, a má fama em que as crianças e jovens possuem da magistratura, além da forma como a matéria é lecionada. Buscando alternativas que possam complementar o ensino da matemática nas escolas, percebi que trabalhar com a *gamification* poderia ajudar a melhorar os resultados obtidos.

Além disso, “As Aventuras de Amaru” já se provou um projeto eficiente, com bastante facilidade em ser expandido graças aos softwares no qual ele foi construído. Porém o jogo ainda é um pouco limitado, focando somente no auxílio à leitura. Portanto, expandir o projeto ao adicionar um módulo de ensino a matemática iria torná-lo melhor e mais abrangente.

1.4 Materiais e métodos

Para este projeto foi decidido analisar o código-fonte da versão atual do Amaru, principalmente as funções e classes responsáveis pela criação de *minigames* de modo a reutilizar ou substituir código. Esta análise foi feita através da plataforma de criação de jogos Unity 3D, no qual o jogo originalmente foi criado. Também foram reutilizados os recursos gráficos e sonoros da versão atual do projeto, com novos sendo criados para as necessidades dos *minigames* de matemática. A criação destes se deu através da ferramenta de edição gráfica GIMP.

A codificação foi realizada na linguagem C# utilizando o MonoDevelop, uma IDE provida pelo Unity 3D, além da IDE Visual Studio 2015, necessária para realizar as alterações criadas no programa assistente Amaru Controle.

Com o objetivo de criar diagramas de caso de uso e diagramas de estado foi utilizado a ferramenta Astah Community. Esta ferramenta foi escolhida pela sua simplicidade em criar diagramas utilizados na engenharia de software.

Algumas pesquisas com um professor de matemática da Assessoria de Educação a Distância (AEDI) da Universidade Federal do Pará foram realizadas para verificar a melhor forma de implementar os *minigames*. Decidiu-se pedir auxílio a este professor devido à experiência em lecionar para crianças do ensino fundamental menor que ele possui. Também foram realizadas pesquisas em artigos científicos e livros sobre pedagogia. Além disso, anotações de testes do módulo de português do Amaru em uma escola serviram como material de apoio, onde foi observada a aplicação do projeto e a opinião dos alunos que tiveram contato com o jogo.

1.5 Estrutura

Contando com este capítulo inicial, que mostra as linhas gerais do trabalho, o artigo está organizado da seguinte maneira:

- Uma breve explanação sobre os trabalhos relacionados a este e uma breve explicação do funcionamento do Amaru são abordados no capítulo 2.
- O capítulo 3 abordará como o projeto “As Aventuras de Amaru” está estruturado, falando sobre o estado atual dos *minigames* e das tarefas.
- Os resultados de testes de software serão explicados no capítulo 4
- O capítulo 5 termina este trabalho, dando as suas conclusões e possíveis melhorias.

2. Trabalhos Relacionados

Por ser um ramo relativamente recente, o número de trabalhos e pesquisas relacionados à *gamification* ainda é pequeno, principalmente aqueles com objetivos educacionais. Com exceção de uma todas as referências nesta seção foram retiradas de artigos. Esta seção falará sobre alguns dos projetos voltando ao aperfeiçoamento do ensino da matemática, além de seus pontos positivos e negativos. Também será dada uma breve introdução ao projeto “As Aventuras de Amaru”.

2.1 Aprendendo a Ler e a Escrever em Pequenos Passos (ALEPP)

Sendo uma das principais inspirações para a abordagem utilizada pelo projeto “As Aventuras de Amaru”, o programa de leitura **Aprendendo a Ler e a Escrever em Pequenos Passos (ALEPP)** visa promover o ensino da leitura e da escrita. (Rose, Souza, Hanna, 2011). O método se destaca através de seu ensino individualizado e por permitir que cada aluno progrida em seu próprio ritmo. O método encontra-se em formato digital através do software Gerenciador de Ensino Individualizado por Computador (GEIC). Para realizar o seu objetivo o ALEPP divide o ensino em três módulos, com um destinado para o ensino de leitura palavras simples, outro para palavras complexas e o último é destinado à compressão de texto. Os dois primeiros foram utilizados no GEIC, enquanto que o terceiro depende mais da interação aluno-professor para funcionar.

Uma das diferenças utilizadas na versão do GEIC é a abordagem *Match-to-Sample* (MTS), onde é determinado como a tarefa será realizada e qual modelo será utilizado. O modelo é a palavra que o sistema quer ensinar, e ambos são organizados em letras, que definem como a tarefa será apresentada ao aluno. A atividade pode ser ministrada tanto em formato de áudio quanto visual e estes são pareados para criar as tarefas do GEIC. Podemos ver alguns tipos de estímulos na tabela abaixo.

Tabela 2.1 Estímulos utilizados pelo GEIC

Denominação do Estímulo	Estímulo
A	Estímulo será dado na forma de áudio
B	Estímulo será dado na forma de imagem
C	Estímulo é dado como uma palavra escrita

Tabela 2.2 Tipos de tarefa utilizados pelo GEIC

Denominação da Tarefa	Tarefa
B	As alternativas para as respostas serão dadas através de imagens
C	As alternativas para as respostas serão dadas através de palavras escritas
D	O aluno deverá falar a palavra indicada
E	O aluno deverá construir a palavra escolhendo as letras na ordem correta

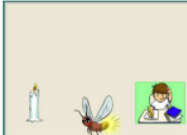
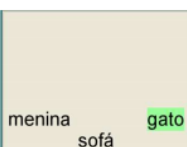
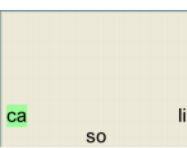
Tipo	Tarefa	Função do aluno	Função do Professor
AB (MTS_SF)	 Aponte: aluno 	Diante da instrução falada "Aponte aluno", o aluno deverá selecionar a figura do 'aluno'.	Observador
AC (MTS_ST)	 Aponte: gato 	Diante da instrução falada "Aponte gato", o aluno deverá selecionar a palavra escrita «gato».	Observador
AC (MTS_ST)	 Aponte: ca 	Diante da instrução falada "Aponte ca", o aluno deverá selecionar a sílaba escrita «ca».	Observador

Figura 2.1 Exemplos de tarefas do GEIC

Por exemplo, caso uma tarefa seja do tipo BC e a palavra a ser ensinada seja “gato”. Neste caso o modelo terá a imagem de um gato, enquanto que as alternativas que o jogador tem a sua disposição para responder estarão no formato de texto (EX: Palavras como “cachorro”, “gato”, “papagaio”).

Aplicado em escolas no interior de São Paulo, foi notado durante os testes que os alunos perdiam a motivação de continuar a realizar os desafios. É de se notar que os sistemas de tarefas do GEIC são utilizados no “As Aventuras de Amaru”, apesar de haver algumas pequenas diferenças entre ambos.

2.2 Toth: Jogo Eletrônico para Aprendizagem da Matemática

Toth é um jogo educativo voltado para o ensino da geometria para crianças do ensino fundamental, de modo a complementar o aprendizado em sala de aula e conciliar diversão e aprendizado, pontos importantes e frequentemente discutidos entre desenvolvedores de jogos e educador (Corrêa et al., 2009).

De forma similar ao Amaru, o jogo é baseado em *minigames* para alcançar os seus objetivos. Utilizando imagens 2D e 3D, um dos *minigames* foca em relacionar figuras geométricas com objetos do mundo real, como árvores e casas, enquanto outro ensina a identificar conceitos de geometria em um *minigame* onde o avatar do jogador tenta salvar planeta de meteoros em formato de figuras geométricas. Após os *minigames*, o jogador pode ajudar na construção da cidade Toth ao utilizar formas geométricas, sendo auxiliado por um *Non-playable Character* para concluir isto.

Apesar de o projeto ter tido problemas em implementar seus testes ao contar com poucas crianças para testarem, Toth teve uma boa aceitação entre alunos e professores, onde os autores do artigo admitindo que os resultados foram satisfatórios e a aplicação de jogos possuem a vantagem de melhorar a fixação do conceito aprendidos em sala de aula, desde que não assuma um caráter totalmente lúdico. Também se observa que o escopo ainda é bastante limitado, pois ainda só aborda o campo da geometria, e esta ferramenta poderia ser ampliada para outros campos do conhecimento. Além disso, a previsibilidade dos *minigames* prejudica um pouco o ensino, uma vez que as tarefas serão as mesmas para todos os jogadores.



Figura 2.2 - Tela do jogo Toth

2.3 A Ilha de Euler: jogos digitais e *gamification* nas aulas matemática, licenciatura.

Desenvolvido por professores do curso de licenciatura em matemática, o projeto “A Ilha de Euler” visa trazer elementos próprios do jogo para uma atividade relacionada ao conteúdo da disciplina de Álgebra I (Ogliari et al, 2015), mais precisamente o ensino de grafos. É de se notar que este projeto, diferentemente do Toth e do Amaru, é voltado para os alunos do ensino superior, mais precisamente ao curso de licenciatura em matemática.

Apresentando uma narrativa simples, o principal objetivo do jogo é sair de uma ilha desconhecida. Para isto, o jogador precisa resolver pequenos problemas de lógica para prosseguir na história. Ao final do jogo, deve-se resolver uma tarefa relacionada a grafos.



Figura 2.3 - Tela do jogo A Ilha de Euler

O projeto foi aplicado a uma turma de Álgebra I da Faculdade CESUCA, e obteve bons resultados e aceitação dos alunos. Entretanto, ainda existem alguns problemas. Como notado por alguns estudantes, a parte gráfica poderia ser melhorada, apesar do estado atual deste não ser prejudicial à experiência. Outro problema é a de que o jogo aborda pouco a matemática em si, com a busca por pistas e resolução de enigmas serem o principal foco do jogo, enquanto que a parte de grafos não. Além disso, uma vez feita todas as tarefas, há poucos motivos para jogá-lo novamente, pois não outros problemas ou enigmas.

2.4 Oceano Matemático

Com o diferencial de empregar Realidade Aumentada (RA) para aumentar a imersão do jogador (apesar de existir uma versão sem a utilização do recurso), o jogo Oceano Matemático foi desenvolvido com o objetivo de ensinar conceitos matemáticos através da interação humano-computador e perspectivas pedagógicas utilizando as ferramentas Blender e Unity. Contando com uma narrativa simples ambientada entre os séculos XVII e XVIII, em Oceano Matemático o jogador conduz um navio e precisa resolver expressões matemáticas para achar as coordenadas necessárias e montar uma rota até o destino desejado. O jogador ganha quando o barco chega a seu destino final.



Figura 2.4 - Cutscene do jogo Oceano Matemático

Testes foram realizados em alunos do 1º ano do ensino médio e do 1º ano do curso superior de tecnologia, onde obteve uma recepção positiva em seus testes, sendo avaliado pelos autores como uma ferramenta prática que auxilia a fixação do aprendizado na resolução de expressões matemáticas. Contudo, a ferramenta é ineficaz como uma primeira abordagem, ou seja, quando o aluno não tem conhecimento prévio do assunto lecionado. Além disso, a realidade aumentada, apesar de ser bastante elogiada, necessita de alguns ajustes segundo alguns alunos.

2.5 Projeto “As Aventuras de Amaru”

Criado por alunos da Universidade Federal do Pará (UFPA), o projeto “As Aventuras de Amaru” nasceu como resposta à crescente necessidade de um projeto educacional que avaliasse o desempenho do aluno em tempo real de forma inteligente (Oliveira, 2016). Um dos maiores diferenciais do projeto “As Aventuras de Amaru” em relação aos demais projetos de *gamification* é que ele possui um enredo que, apesar de simples, ajuda na imersão, pois ao assumir o papel do personagem o aluno torna-se parte da narrativa contada.

A história, exibida através de breves cenas no início e fim do jogo, foca no alienígena Amaru e em seu robô ajudante Urama, que precisam da ajuda de crianças para consertar a sua nave espacial, quebrada em uma chuva de asteroides, enquanto viajavam pelo espaço conhecendo novos planetas. Para realizar isto eles precisam coletar engrenagens durante o jogo, além de responder perguntas durante o caminho. Ao final Amaru consegue consertar sua nave e voltar ao seu planeta natal.

Porém, não importa se a história é boa caso a apresentação visual do jogo deixe a desejar. “As Aventuras de Amaru” conta com gráficos 2D e 3D bastante coloridos, lembrando desenhos animados, além de personagens com aparências fofas e caráter carismático, e isto auxilia em capturar a atenção dos jogadores.



Figura 2.5 Cutscene de abertura do jogo



Figura 2.6 Os protagonista da história: Amaru e Urama

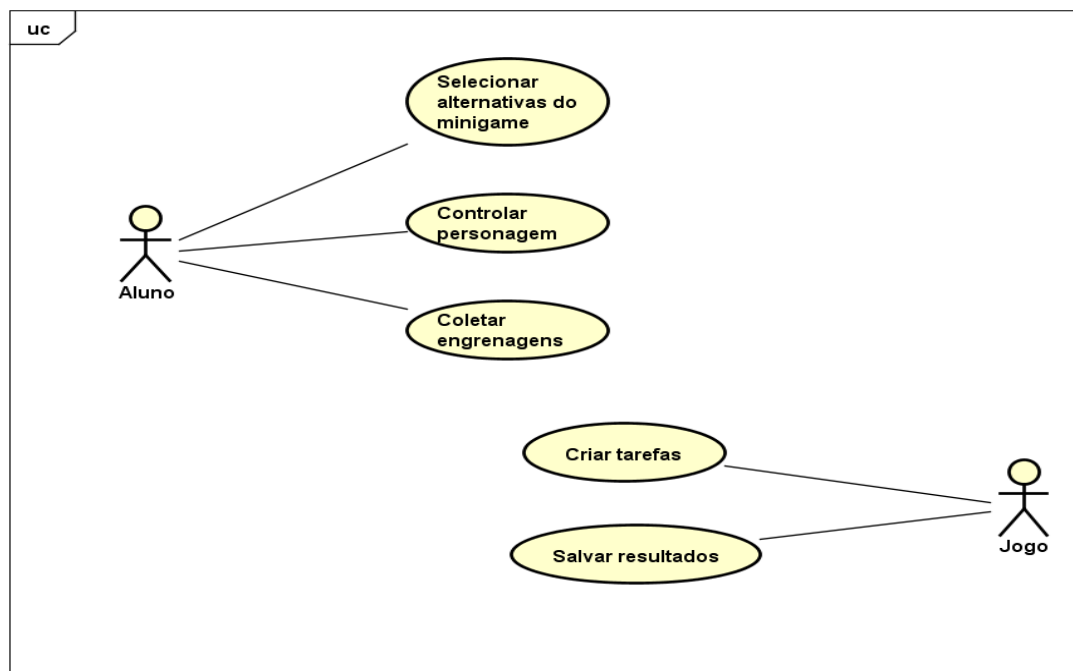
O objetivo principal do jogo é coletar engrenagens para consertar a nave espacial do Amaru, além de identificar várias palavras. De modo a organizar os objetivos, estruturalmente o projeto “As Aventuras de Amaru” está dividido em duas partes: a parte de plataforma e a parte de *minigame*. Na de plataforma, o jogo gerará automaticamente algumas plataformas com uma engrenagem para o jogador coletar. Essa parte sempre será acessada após um *minigame*, seja ele completado com sucesso ou não.



Figura 2.7 seção de plataforma do jogo “As Aventuras de Amaru”

O jogador pode interagir com o jogo através do personagem Amaru, no qual ele é controlado através do teclado ou mouse. Com o personagem, ele pode escolher as respostas para as tarefas, coletar engrenagens, pular em plataformas, entre outras ações. O jogo é responsável por criar as tarefas e os *minigames*. Os processos de responsabilidade do projeto

serão abordados mais à frente. O diagrama de caso de uso abaixo resume as ações de cada ator.



powered by Astah

Figura 2.8 Diagrama de caso de uso do projeto

Sendo bem recebido nos testes realizados em escolas, o projeto “As Aventuras de Amaru” conseguiu realizar seus objetivos em relação ao ensino da leitura. Entretanto, percebe-se que as estruturas dos *minigames* são de certa forma repetitiva, que, enquanto não interfere no objetivo, pode tornar a experiência não tão boa quanto desejável.

2.6 Reader Rabbit's Math

Conhecido no Brasil como Coelho Sabido, Reader Rabbit é uma série de jogos educativos criado pela empresa *The Learning Company* inicialmente voltado ao ensino da leitura. O jogo ganhou várias versões durante os anos e ele caracteriza-se pela sua simplicidade de uso, além de uma narrativa simples envolvendo o protagonista de nome homônimo ao título. Com o passar do tempo a série expandiu o seu escopo e começou a abordar assuntos básicos de matemática com o jogo Reader Rabbit's Math, que será abordado nesta seção.

Passando-se em um circo, Reader Rabbit's Math visa ensinar os conceitos básicos de adição, subtração e comparação de números, caracterizando-se por utilizar *minigames* em sua metodologia, que inclui um jogo da memória e outro de comparação de números. Toda vez que um *minigame* é completado, o jogador ganha um ticket, e este pode ser trocado por presentes dentro do jogo, como um trem de brinquedo ou um tamborim.

Reader Rabbit's Math conseguiu um bom sucesso tanto da crítica quanto do público, vendendo durante o período de 1993-2001 mais de 6 milhões de cópias, além de ter conquistado várias premiações de jogos educativos. Contudo, por ser um jogo com quase 20 anos de idade, a parte visual do jogo acabou não envelhecendo bem, o que pode não atrair a atenção do aluno.



2.9 Um dos *minigames* do jogo Reader Rabbit's Math

2.7 Tabela de comparações

A tabela abaixo indica as características descritas em todos os *minigames* exemplificados nesta seção, de modo a deixar esta informação centralizada.

	<i>Minigames</i>	História	Facilidade de uso
ALERP	Não	Não	Não
Toth	Sim	Não	Sim
Ilha de Euler	Não	Sim	Não
Oceano Matemático	Não	Sim	Sim
Amaru	Sim	Sim	Sim
Reader Rabbit's Math	Sim	Sim	Sim

3. Módulo de matemática do projeto “As Aventura de Amaru”

Esta seção é destinada a explicar o estado atual do projeto “As Aventuras de Amaru”, além das mudanças necessárias para adaptá-lo ao ensino da matemática. Nela será abordada as alterações realizadas no projeto, as pesquisas feitas, além dos novos *minigames* criados.

Com a finalidade de determinar qual seria a melhor forma para integrar um módulo de matemática ao projeto “As Aventuras de Amaru”, foi utilizada a consultoria com o professor de matemática da UFPA Marcos Nascimento, além de pesquisas em artigos que abordam a *gamification* da matemática. Através destas pesquisas, e considerando a forma em que o projeto está estruturado, foi decidido que seria utilizado *minigames* para passar o conhecimento.

Tendo isto em mente, foi decidido tomar certa precaução em relação à construção dos *minigames*. Foi verificado que a melhor abordagem para os novos seria a de trabalhar com elementos comuns a vida dos alunos, pois desta forma eles se sentiriam mais motivados a completar o jogo. Portanto, cada uma das novas tarefas utiliza figuras de pizzas para representar quantidades numéricas. Também houve o cuidado de evitar sobrecarregar as tarefas com números, de modo a evitar que o aluno não tenha impressão que este seja apenas mais uma lição de casa.

De modo a possibilitar isto, foram criadas novas texturas para os números. Estas texturas incluem operações básicas simples e figuras de pizzas divididas em diversas formas, com algumas sendo retiradas da internet, enquanto outras foram feitas utilizando o software GIMP.

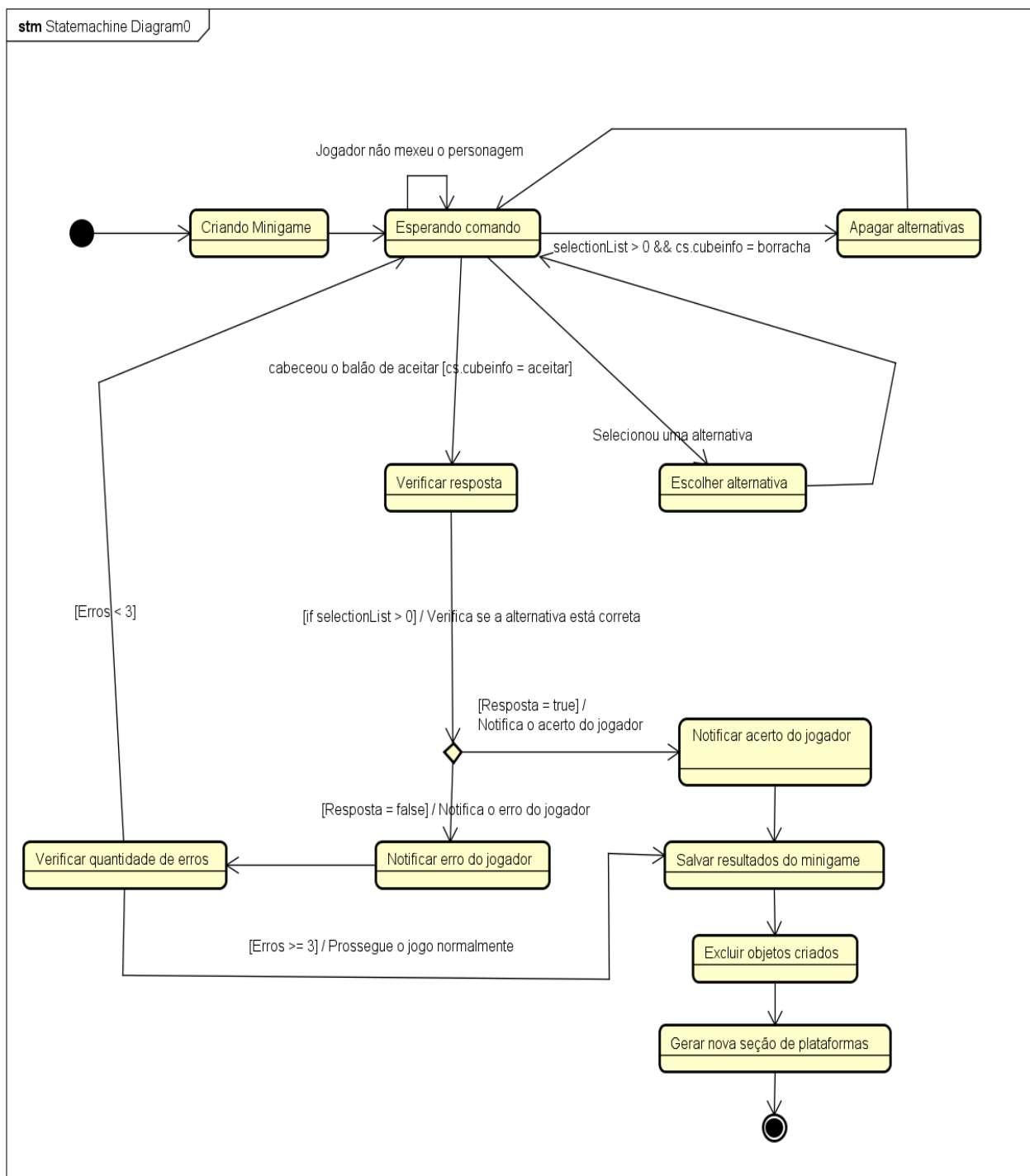


Figura 3.1 Imagens criadas para os novos *minigames*

3.1 *Minigames* de “As Aventuras de Amaru”

Os *minigames* são uns dos pontos mais importantes de “As Aventuras de Amaru”, pois é através dele que o ensino será passado ao aluno. Atualmente cada um deles pode trabalhar tanto com sílabas quanto palavras e todos possuem características diferentes. Após cada um dos *minigames* existe uma seção simples de plataforma, onde o objetivo é coletar uma engrenagem. Esta engrenagem serve para consertar a nave espacial do Amaru. Atualmente existem três *minigames*: “Cubo”, “Plataforma”, “*Jetpack*”.

Ao iniciar um *minigame*, são criados os balões contendo as alternativas selecionadas pela Máquina de Aprendizado, a palavra modelo, e os balões necessários para confirmar e cancelar as escolhas. Para selecionar uma alternativa, o jogador precisa cabecear um dos blocos que o *minigame* apresenta. Ao escolher a sua alternativa, ele pode cabecear o balão da seta, para verificar se a resposta está correta, ou da borracha, para corrigir a sua escolha. Os balões de borracha e seta só terão efeito caso uma ou mais opções forem selecionadas, e estará sempre presente nos *minigames*. O diagrama de estados abaixo descreve de forma o processo descrito acima, exibindo o que ocorre durante um *minigame*.



powered by Astah

Figura 3.2 Diagrama de estados dos minigames

De estrutura simples e remanescente dos antigos jogos de plataforma, o objetivo do *minigame* Cubo é de indicar a palavra exibida pelo robô Amaru. Para isto, o jogador precisa cabecear em cubos flutuantes contendo a palavra ou sílabas da palavra. Caso esteja correta, o jogador poderá prosseguir para a próxima tarefa.



Figura 3.4 Demonstração do *minigame* Cubo

O *minigame* Plataforma é similar ao jogo cubo, entretanto ao invés de bater em cubos o jogador precisa subir em plataformas para escolher a opção desejada.

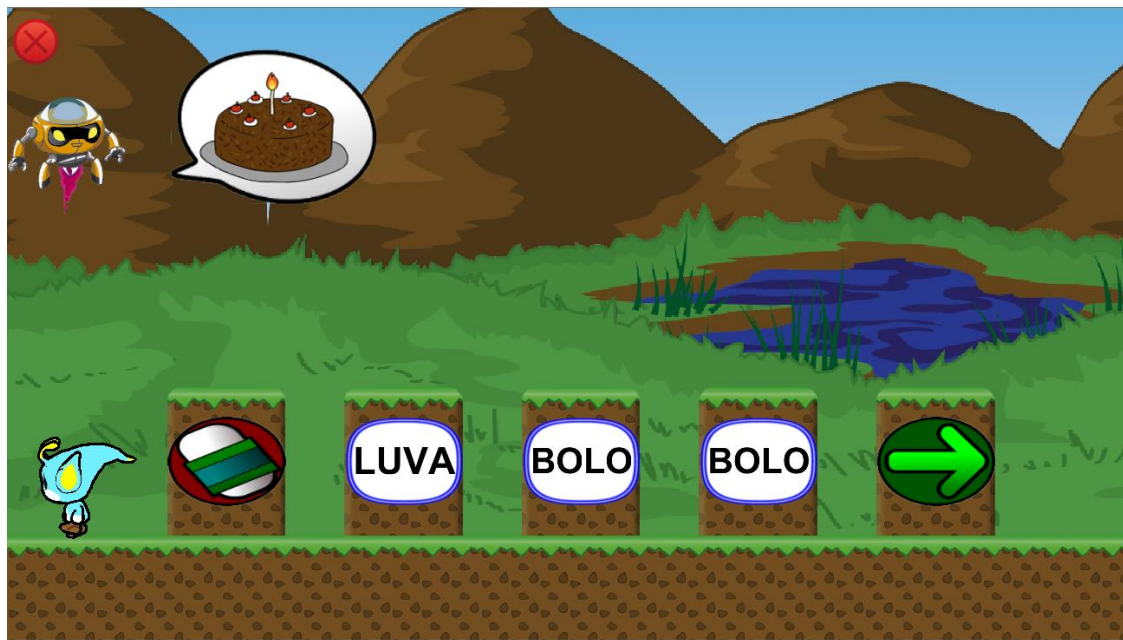


Figura 3.5 Demonstração do *minigame* Plataforma

Com uma fórmula levemente diferente dos anteriores, neste *minigame* o jogador precisa acertar as palavras que ficam flutuando em um canto da tela. Para isto, ele conta com um *jetpack*, que o permite voar verticalmente, e uma arma laser, que o possibilita de acertar objetos à distância.

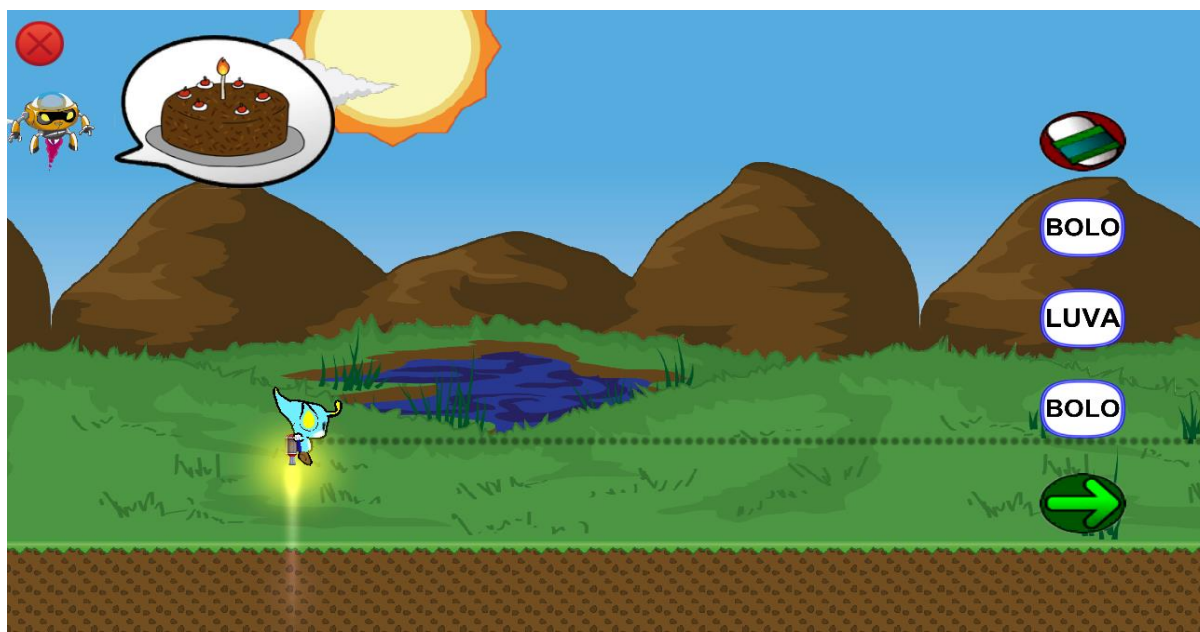


Figura 3.6 Demonstração do *minigame jetpack*

Tanto na seção de *minigame* quanto na de plataforma os controles do personagem são simples, com o Amaru podendo se movimentar no eixo horizontal e pular para alcançar plataformas mais elevadas. No *minigame* de Jetpack ele pode se mover livremente pelo eixo vertical do jogo. Além disso, existe também uma tela de mapa, que indica quão avançado o jogador está na aventura. O jogo é dividido em cinco fases, com o tamanho de cada fase dependendo do número de palavras da sessão.

3.2 Correção das respostas

Após o jogador escolher uma (ou mais, dependendo do *minigame*) alternativa(s), ele pode escolher trocar a alternativa escolhida, cancelar a alternativa escolhida ou aceitar a resposta. Caso ele tenha escolhido verificar, o jogo corrigir a resposta dada, e para isto é realizada comparações entre a palavra escolhida pelo usuário e o modelo. Esta comparação é simplesmente uma verificação de strings, onde é comparado o conteúdo do balão com o nome do modelo. Este nome é definido pelo nome da textura utilizada.

Se a resposta estiver correta, o jogador pode prosseguir. Caso errada, o jogador pode tentar mais duas vezes o *minigame*. Se o jogador errar três vezes ele pode prosseguir com o jogo, porém será salva nos resultados que o jogador teve problemas com a tarefa. Os resultados das tarefas são utilizados pela inteligência artificial do projeto, que será explicada mais à frente.

Nas seções de matemática é utilizado um processo levemente diferente. Tanto os operandos quanto a operação são retiradas do nome do modelo utilizando operações com string. Isso será explicado em tópicos mais a frente.

3.3 Tarefas

Similar ao ALEPP/GEIC, a mídia que será utilizada nas alternativas dependem do tipo da tarefa. Cada tarefa possui um tipo, e este tipo é definido por duas letras no formato “XY”. A primeira define a mídia do modelo, enquanto que a segunda define a mídia das alternativas. Todos os *minigames* contêm pelo menos duas alternativas, além de uma palavra modelo, que é a palavra que o sistema que ensinar ao jogador. Todas elas podem conter ou uma imagem, palavra. Os tipos utilizados são os mesmos do GEIC, que se encontram nas tabelas 2.1 e 2.2. Para criar estas tarefas é utilizado um programa a parte do projeto em Unity chamado “Amaru Controle”, e este é responsável por editar arquivos de textos que serão interpretados pelo “As Aventuras de Amaru”. É de se notar que cada tarefa tem um nível de dificuldade, com a B (comparação de imagens) sendo a mais fácil, enquanto que a E (comparação por sílabas) é a mais difícil. O projeto não utiliza captura de áudio, portanto não há alternativas de tipo A, e também não utiliza modelos do tipo E.

The screenshot shows a software window titled 'MainWindow' with a 'Tarefas' tab. On the left, there's a sidebar for user selection, currently showing 'Abner'. The main area contains a table for configuring tasks. The table has columns: 'Modelo', 'Choices', 'Escolha Correta', 'Tipo Tarefa', 'MiniGame', 'Teste?', 'Reforço Audio?', and 'Reforço'. There are three tasks listed with IDs 1, 2, and 3. Task 1 has 'Modelo' 2+2, 'Choices' 5, 4, 3, 1, 'Escolha Correta' 4, 'Tipo Tarefa' BC, 'MiniGame' Cubo, 'Teste?' unchecked, 'Reforço Audio?' checked, and 'Reforço' empty. Task 2 has 'Modelo' 2+4, 'Choices' Nenhuma, Nenhuma, Nenhuma, Nenhuma, 'Escolha Correta' 2+4, 'Tipo Tarefa' BC, 'MiniGame' Tether, 'Teste?' unchecked, 'Reforço Audio?' checked, and 'Reforço' empty. Task 3 has 'Modelo' bolo, 'Choices' tatu, Nenhuma, Nenhuma, Nenhuma, 'Escolha Correta' bolo, 'Tipo Tarefa' BC, 'MiniGame' Arco e Flecha, 'Teste?' unchecked, 'Reforço Audio?' checked, and 'Reforço' empty. Buttons for 'Salvar' and 'Carregar CSV' are at the top of the table area.

	Modelo	Choices	Escolha Correta	Tipo Tarefa	MiniGame	Teste?	Reforço Audio?	Reforço
1	2+2	5 4 3 1	4	BC	Cubo	☐	☒	
2	2+4	Nenhuma Nenhuma Nenhuma Nenhuma	2+4	BC	Tether	☐	☒	
3	bolo	tatu Nenhuma Nenhuma Nenhuma	bolo	BC	Arco e Flecha	☐	☒	

Figura 3.7 Programa assistente ao “As Aventuras de Amaru”

A cada tarefa realizada, os resultados do usuário são salvos em um arquivo de texto. Estes dados incluem informações como o tempo para escolher uma alternativa, se o usuário completou a tarefa, e se ele completou quantas tentativas levou para concluí-la. Com estes dados a inteligência artificial aplicada no projeto pode avaliar se o aluno está ou não aprendendo as palavras dos desafios e apresentar tarefas adaptadas a capacidade do aluno.

Para processar estes dados a inteligência artificial do jogo utiliza métodos de lógica *fuzzy*, sendo estes coletados pela Máquina de Aprendizado para gerar as tarefas. Este processo de lógica *fuzzy* foi explicada em detalhes no trabalho de (Oliveira, 2015), onde ele explica o processo que esta lógica segue:

O ciclo do processo de IA funciona primeiramente coletando dados de aprendizado. Esses dados são as próprias tarefas de ensino propostas durante a sessão apresentadas na forma de *minigames*. Depois que um mínimo de dados é coletado, a MA fornecerá informações ao sistema de LF e então este irá propor a melhor escolha de tarefa (Nerino, 2012). Essa tarefa então é transformada em um *minigame* adaptado e apresentado ao jogador no ponto para ser jogado. Esse ciclo de coleta, avaliação e execução proporciona ao jogador continuar avançando motivado e assim gerando mais dados para serem coletados e avaliados pelo sistema.

A partir da análise da lista de palavras, ele separa estas em duas listas, uma chamada de sonda, que contém todas as palavras aprendidas pelo aluno e são armazenadas de acordo com o grau de dificuldade de cada uma, e outra contendo as palavras que irão ser ensinadas. A partir destas listas a máquina de aprendizado é executada, e ela tem função de gerar tarefas de aprendizado enquanto houver palavras a serem ensinadas. Com as tarefas criadas são gerados *minigames*. Quando este termina, os resultados da tarefa são salvos e a partir destes o núcleo do jogo cria novamente uma lista sonda e lista de palavras a serem ensinadas. Isto se repete até o jogador terminar o jogo. Um modelo gráfico utilizado em (Oliveira, 2016), que explica como o procedimento funciona.

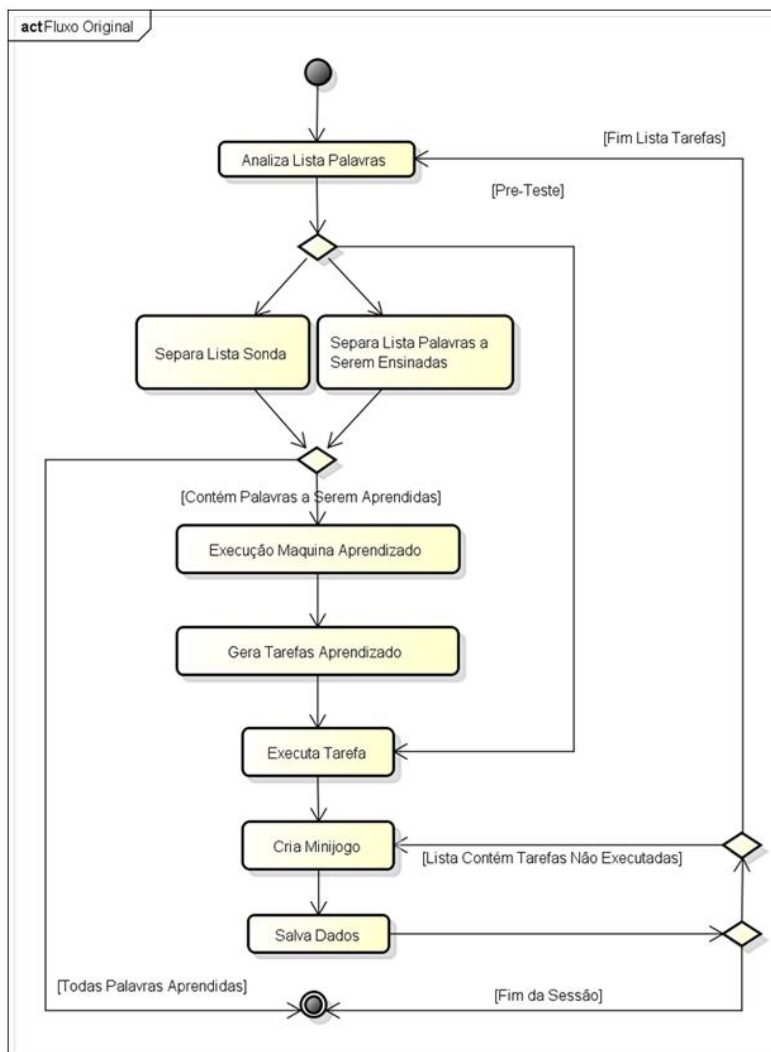


Figura 3.8 Diagrama de estados da criação de *minigames*

Existe um perfil para cada jogador, no qual são salvos os resultados de cada seção do aluno, além do progresso realizado no jogo, de modo que o jogador possa retornar na fase no qual ele parou, além das palavras utilizadas nos *minigames*. Os usuários podem ser trocados na tela inicial do jogo

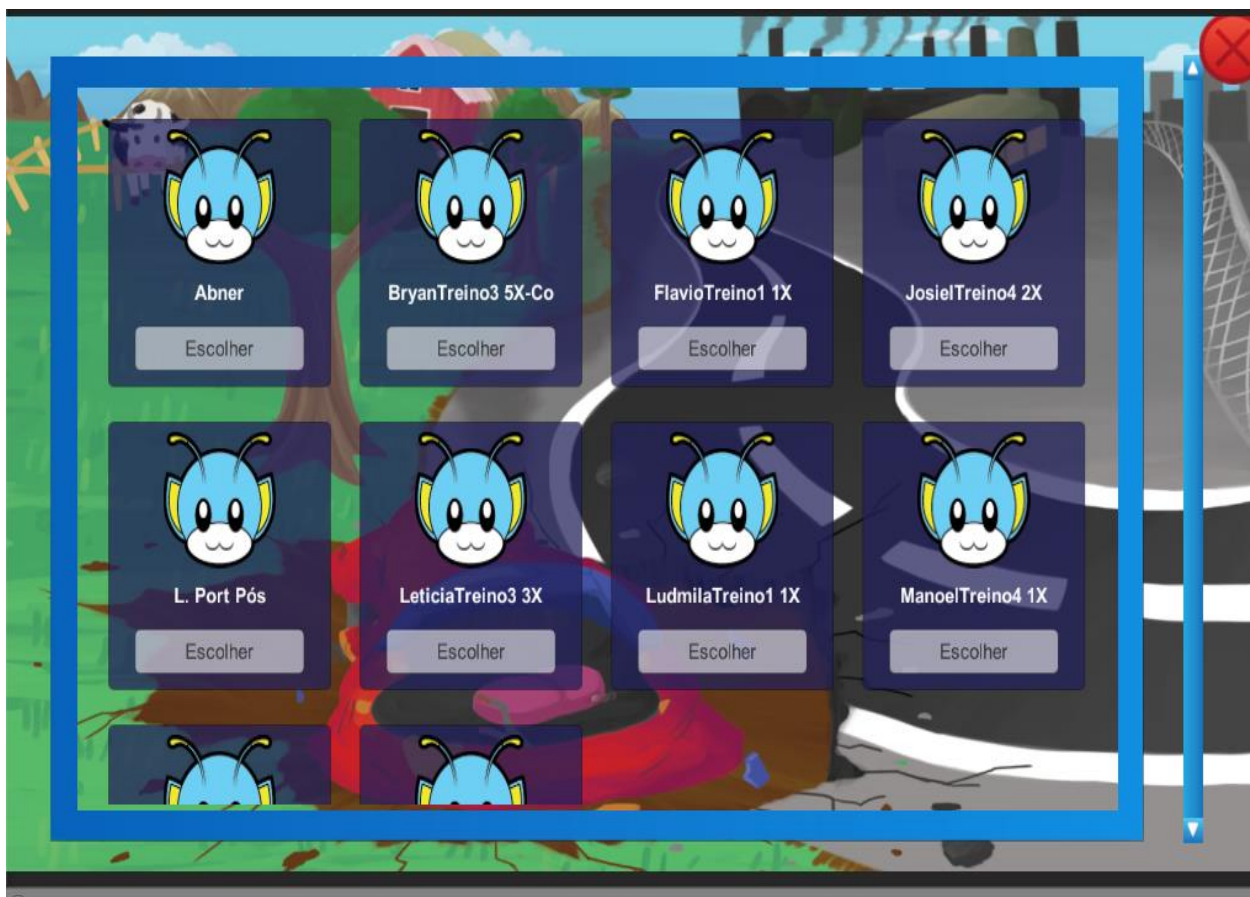


Figura 3.5 Imagem da seleção de perfil de aluno

3.4 Adaptação dos *minigames* anteriores a nova metodologia

Um dos primeiros objetivos deste trabalho foi o de adaptar a estrutura do projeto Amaru para poder trabalhar com operações matemáticas. Esta tarefa inclui utilizar os novos modelos nos *minigames*, alterar como os *minigames* cubo, *jetpack* e plataforma realizam as comparações das palavras com o modelo, alterar como os estes são organizados, entre outras alterações menores.

Os novos modelos foram fáceis de adaptar. O projeto “As Aventuras de Amaru” trabalha de forma simples com as texturas utilizadas nas tarefas, portanto só foi necessário colocá-las em uma pasta e adicioná-las à lista de novas palavras aos arquivos correspondentes dos jogadores. As novas comparações foram um pouco mais complicadas, pois elas utilizavam números e o projeto “As Aventuras de Amaru” não estava adaptado para termos matemáticos. Os *minigames* da versão original possuem o mesmo funcionamento e objetivo similar de sua concepção, contudo foram feitas algumas alterações para que ele funcionasse com números.

3.4.1 Verificação de respostas em *minigames* de matemática

Como dito anteriormente, cada *minigame* possui um modelo e várias alternativas, e ambos podem conter tanto imagem quanto palavras. Decidiu-se manter a abordagem original, que é utilizada nas palavras, ou seja, a de identificar as palavras através de texto. Dessa forma seria possível realizar o que seria proposto e não levaria a uma enorme recodificação do programa, mesmo que este método seja limitado. Contudo ainda seria necessário que o projeto identificasse as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão e identificação de frações) e as comparasse. Portanto, foram feitas algumas alterações na forma como ele trata as comparações.

Através de funções de subdivisão de variáveis string o núcleo do jogo consegue identificar a operação e os números do modelo e da alternativa escolhida. Com ambos os valores, tanto do modelo quanto da alternativa escolhida, é verificado através de uma estrutura condicional para verificar qual operação foi pedida de acordo com o símbolo do operando (“+”, fará uma adição, “*” uma multiplicação, “@” verificará uma fração, etc.). Os números são convertidos do tipo string para inteiro e são utilizados em uma operação matemática, determinada pelo símbolo encontrado no nome da textura. Após realizar a operação matemática, este valor é comparado com a resposta, onde ocorrem os métodos normais de notificação de acerto ou erro. O diagrama de estados abaixo mostra que não há muitas diferenças no processo. É de se notar que este procedimento será utilizado para todos os *minigames* que utilizam números em suas alternativas.

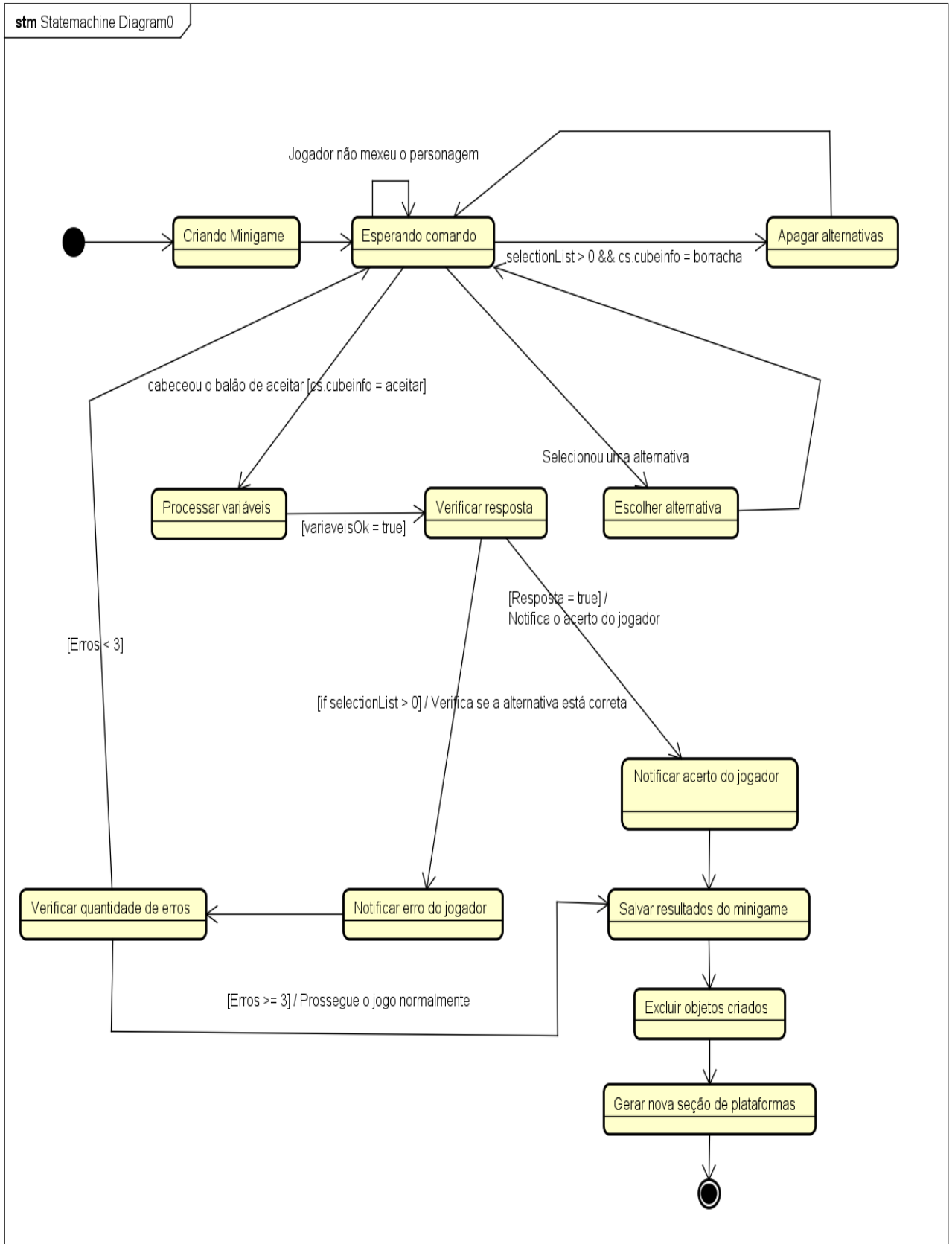
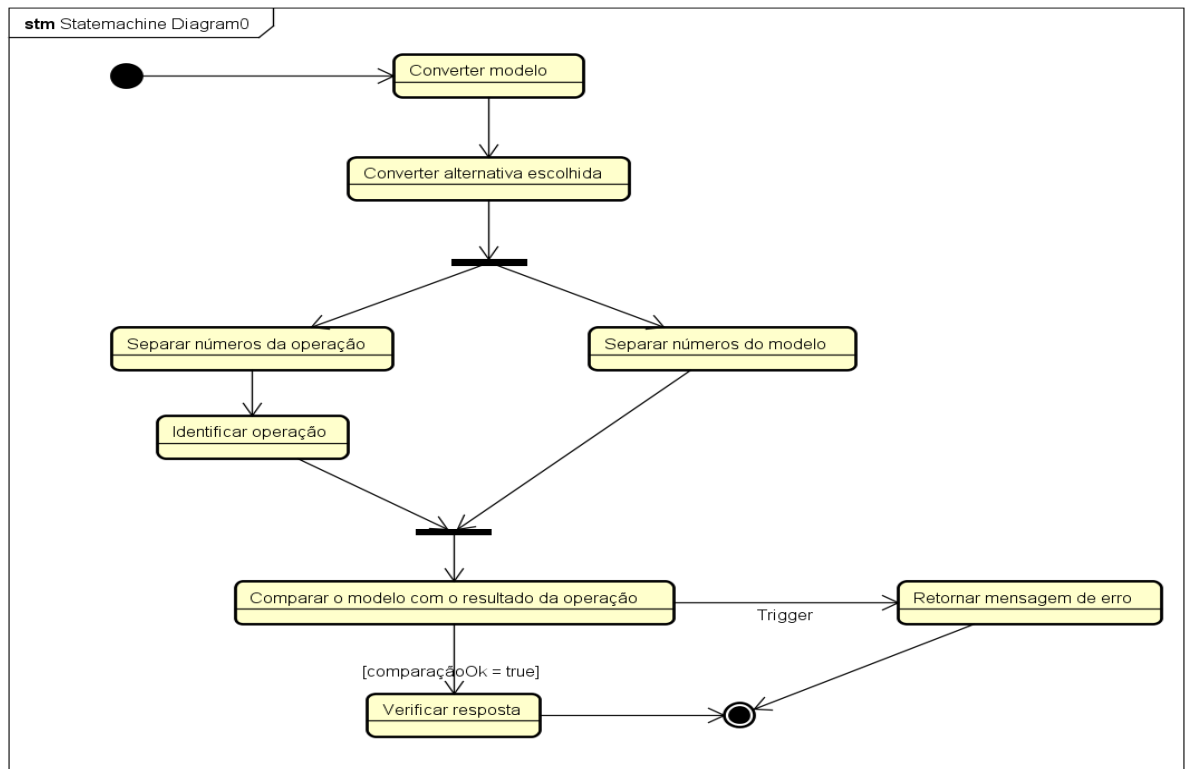


Figura 3.6 Diagrama de estados dos *minigames* cubo, plataforma e *jetpack*.

O estado “processar variáveis” acontece os métodos explicados acima e engloba outros estados menores. Foi decidido separar o diagrama deste com o de todo o processo de criação de *minigames*, para facilitar a explicação e não poluir o diagrama original.



powered by Astah

Figura 3.7 Diagrama de estados do estado processar variáveis

Estas mudanças não se refletem esteticamente nos *minigames* além das novas imagens utilizadas. Na figura abaixo, a expressão “1 + 4” será dividida em três variáveis, uma contendo o valor “1”, outra “+” e a última com “4”. Além disso, será armazenada a resposta do aluno. Os procedimentos de verificação de acerto e erro não foram alterados.

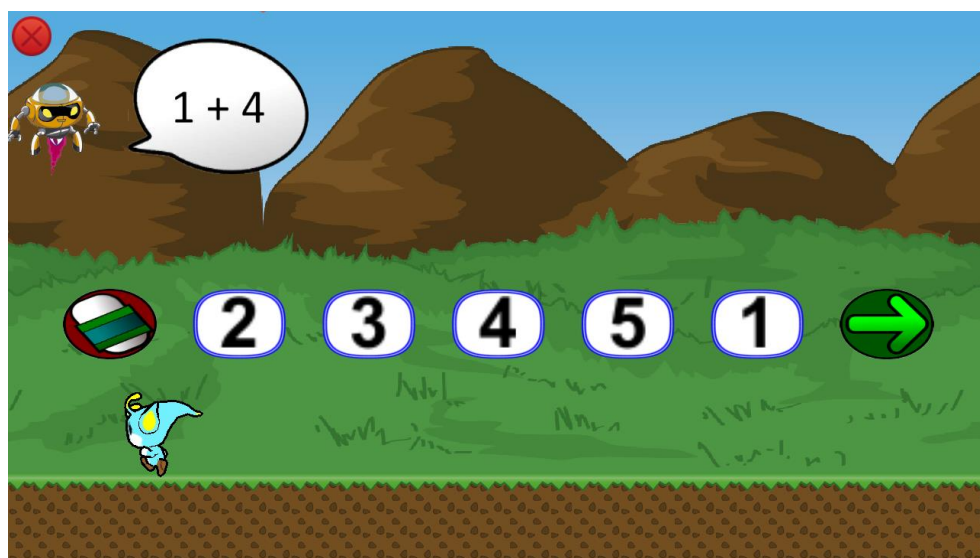


Figura 3.8 *Minigame* Cubo após as alterações

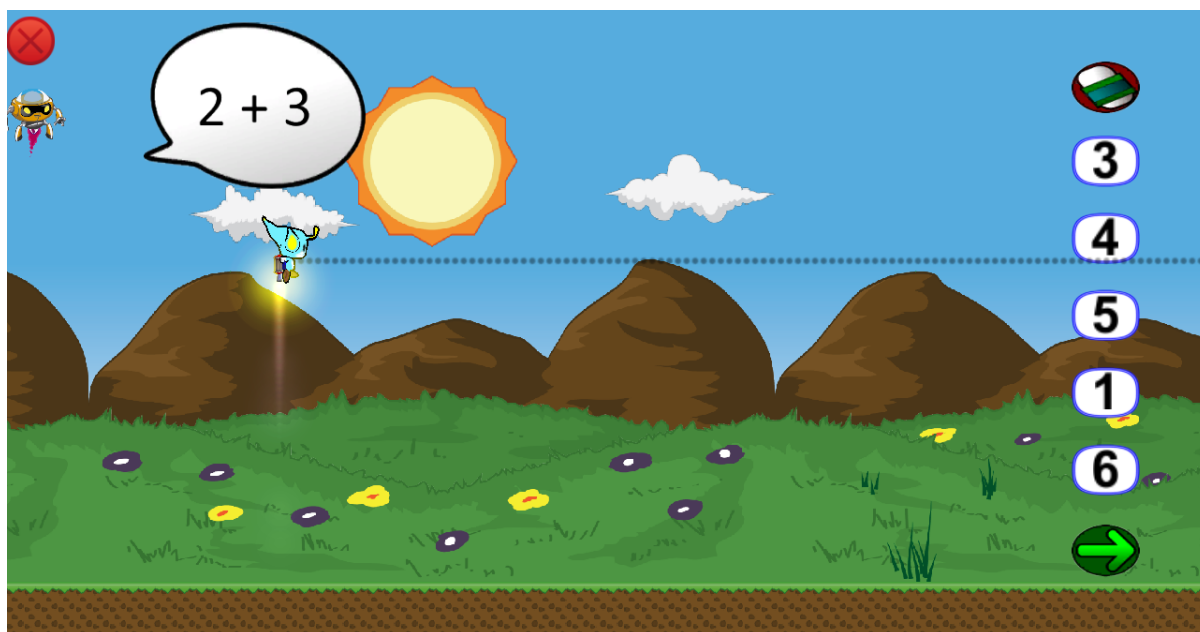


Figura 3.9 *Minigame* Jetpack após as alterações

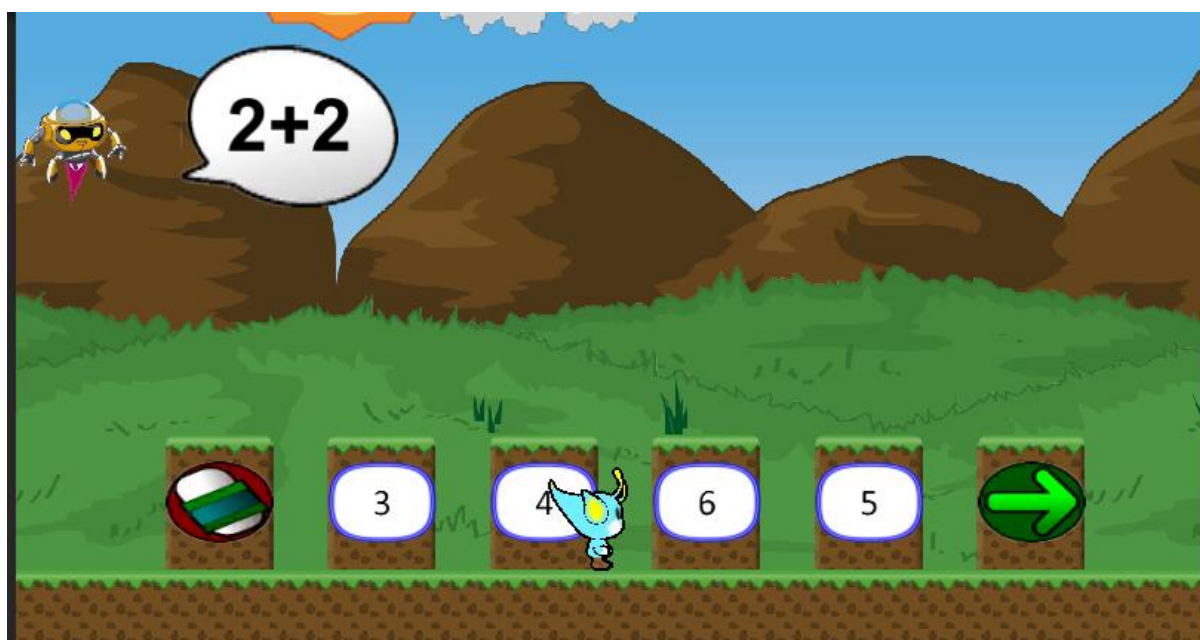


Figura 3.10 *Minigame* plataforma após as alterações

3.5 *Minigame* de ligar figuras

Dentre os novos *minigames* propostos está um de ligar figuras. Utilizando como base o *minigame* de *Jetpack*, o objetivo deste *minigame* é ligar as imagens ao seu correspondente nome. Este modelo foi escolhido por ser de uma estrutura simples e fácil de entender, além de

muitas crianças terem tido contato com esta brincadeira, seja por jogos na internet, revistas infantis, etc.

Para isto, o personagem Amaru precisa utilizar sua arma laser para acertar os blocos contendo a palavra/imagem. Os blocos estão organizados em duas colunas verticais, uma a direita e outra à esquerda do avatar do jogador, com o seu número dependendo da quantidade de palavras e conteúdo dependendo do tipo da tarefa. Por exemplo, se a tarefa for do tipo BC, a da esquerda conterá imagens, enquanto a da direita representará as palavras, e vice-versa.

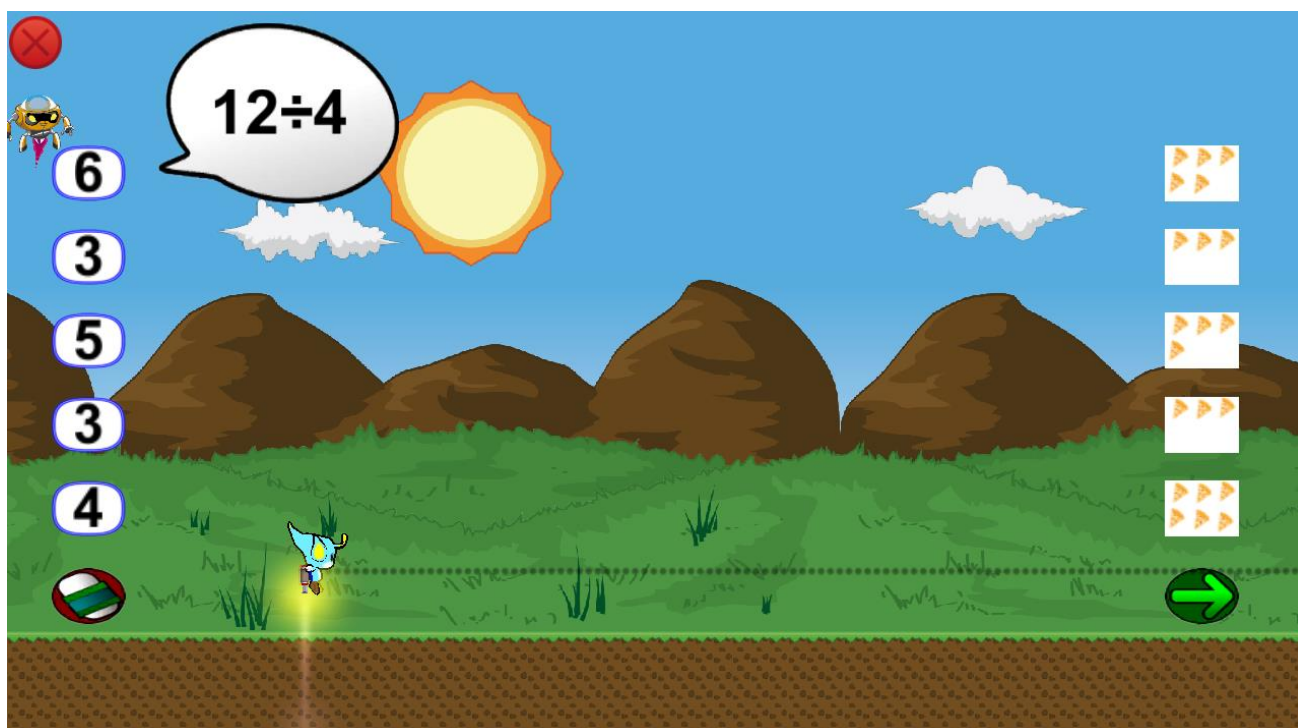
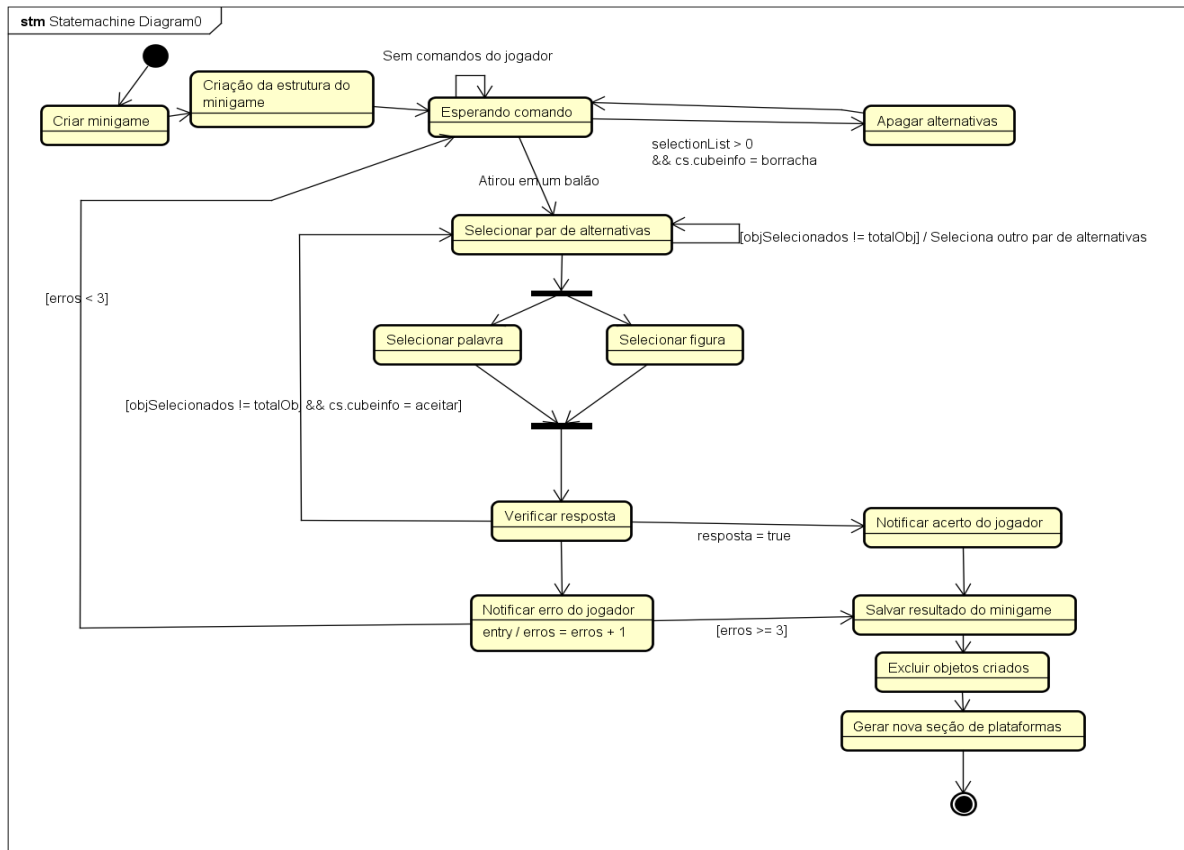


Figura 3.11 Demonstração do *minigame* de ligar as palavras

De modo a realizar essa tarefa é necessário armazenar a informação de cada balão. Para isto, são utilizadas dois vetores, uma para armazenar as informações das imagens e outra para o texto. Ao iniciar uma tarefa deste *minigame*, o núcleo primeiramente organiza todas as palavras/imagens em uma coluna. A partir desta, ele busca pela imagem/palavra correspondente, e armazena em outro vetor. A disposição das colunas é gerada de forma aleatória. Para armazenar as respostas do jogador existem outras duas colunas auxiliares. Após ter tudo iniciado, o *minigame* pode começar. Preferiu-se utilizar dois pares de colunas, pois dessa forma caso o jogador quisesse corrigir a resposta os objetos iriam retornar para o seu local de origem.

Quando o usuário atira no balão da seta, o programa verifica o conteúdo do balão, que é basicamente a coluna em que ele se encontra e qual o nome da imagem. Estas informações

são armazenadas na coluna auxiliar correspondente, que será utilizada na comparação. Quando todos os objetos forem selecionados, o jogador pode verificar se a sua resposta esteja correta. Caso esteja, o jogador pode prosseguir o jogo. O jogador pode apagar o progresso feito a qualquer momento acertando a borracha, onde é retirado um elemento do vetor por vez. A comparação é realizada verificando os valores da vetor para cada posição destas. Casos todas sejam iguais, a resposta é dada como certa.



powered by Astah

Figura 3.12 Diagrama de estados do *minigame* de ligar figuras

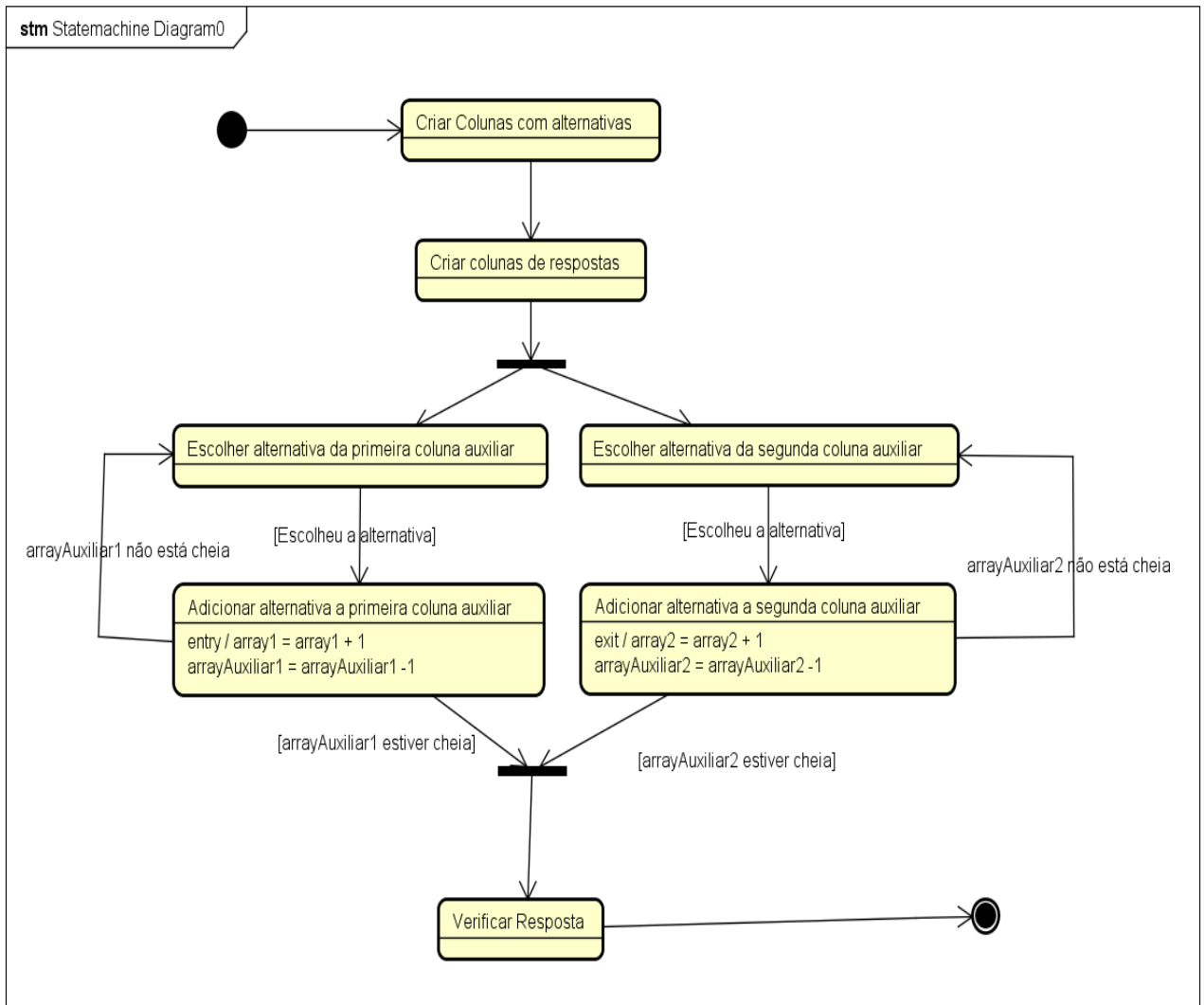


Figura 3.13 Diagrama de estados do *minigame* de Ligar figuras

O personagem possui livre movimentação quando está no *jetpack*, podendo mover-se tanto no eixo horizontal quanto no eixo vertical. Para facilitar que o personagem acerte os balões com as opções, permitiu-se que o Amaru pudesse usar a sua arma laser tanto a sua frente quanto atrás. Assim como nos outros *minigames*, o jogador pode cancelar a alternativa escolhida caso acerte o balão contendo a imagem da borracha, e o jogo só aceitará a resposta se o usuário tiver acertado todos os balões, de modo a evitar erros na comparação.

Pela a sua estrutura, o *minigame* só funciona para as tarefas de tipo BC e CB, pois tarefas do tipo A utilizam estímulos de áudio tornaria a experiência demorada, tirando o foco do aluno, enquanto que tarefas do tipo E fariam a tela ficar poluída. A primeira e mais importante alteração feita foi na forma como o *minigame* cria os balões de alternativas. Todos os *minigames* normalmente só criam as alternativas com respostas ao modelo, portanto foi necessário alterar o projeto para que ele criasse outra coluna.

Também foram feitas alterações no código da arma laser e do *jetpack*, de modo que a primeira alteração permitisse que o jogador pudesse atirar tanto para a direita quanto para a esquerda e a segunda possibilita-se que o Amaru pudesse voar livremente.

3.6 Minigame de completar a figura

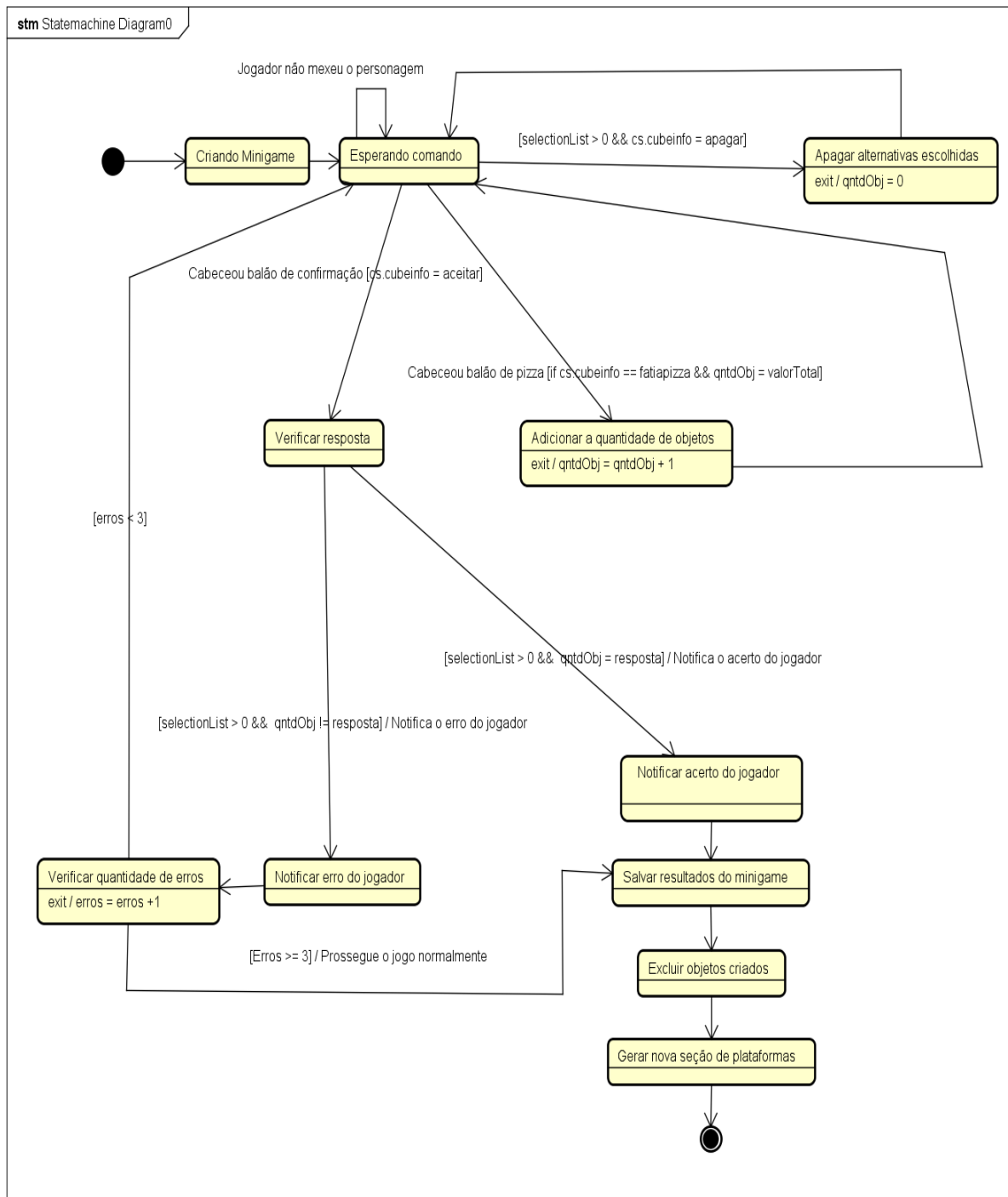
Outro *minigame* implementado é o de completar uma figura. Este *minigame* o jogador precisa completar uma imagem de uma pizza de acordo com a quantia apresentada no modelo, e esta se encontra inicialmente vazia. De modo a completar a tarefa, existe um balão que, quando cabeceado, permite ao jogador ir adicionando fatias a pizza. O objetivo do jogo é preencher a imagem de acordo com a fração ou operação matemática dada pelo modelo. Esta metodologia foi escolhida por dar ao jogador uma noção de comparação entre valores, além de dar uma dinâmica levemente diferente aos outros *minigames* e ser relativamente simples.



Figura 3.14 Demonstração do *minigame* de completar a figura

Quando iniciado, é apresentado ao jogador um botão, em formato de pizza, e alguns balões possuindo dentro deles a figura de uma pizza vazia. Os blocos vazios utilizados para dar uma maneira de exibir a resposta do jogador. Todo vez que o jogador cabecear o botão pizza, um balão será preenchido. Caso o jogador queira corrigir a resposta, ele necessita cabecear o balão da borracha.

A verificação da resposta é realizada através da comparação de números. Toda vez que o botão é cabeceado uma variável é incrementada. Essa variável será comparada ao modelo, que passa um processo similar ao que acontece no *minigame* de ligas figuras. Ou seja, ele será dividido nos números e símbolo da operação, e o seu resultado será comparado à resposta.



powered by Astah

Figura 3.15 Diagrama de estados do *minigame* de complementar

A movimentação é similar aos de outros *minigames* de plataforma. Ou seja, o Amaru pode andar tanto a direita quanto a esquerda, e ele pode pular para cabecear os balões. O *minigame* é compatível com todas as tarefas utilizadas pelo Amaru, devido a utilização de um conjunto diferente de balões, com exceção a tarefa do tipo E, pois dividir a resposta em pequenas partes deixaria mais difícil a comparação da resposta do usuário, e a comparação é feita utilizando o nome da textura e uma variável que armazena o valor de fatias de pizza que estão sendo exibidas.

Diferentemente dos outros jogos, o *minigame* utiliza algumas funções do balão de aceitar respostas, mais precisamente o movimento realizado por este. Isto foi necessário, pois os balões utilizados em outros *minigames* não são adaptados a serem acertados diversas vezes. Também foi necessário adaptar os balões para que as imagens dentro deles pudessem ser alteradas.

4. Testes de software

4.1 Teste funcional

De modo a garantir que o módulo de matemática do projeto “As Aventuras de Amaru” esteja funcionando como desejado, foram realizados vários testes nos *minigames* novos e nos modificados. Um destes testes é o funcional, também conhecido como teste da caixa preta, caracterizado por avaliar se o comportamento do software está de acordo com o que foi especificado em sua documentação de modo a eliminar erros antes da versão final do projeto e por não ser necessário conhecer a fundo como a aplicação está codificada e muito menos trabalhar em verificar o código. Por estes motivos esta técnica foi escolhida para o teste.

É necessário que o desenvolvedor siga alguns passos de modo a realizar este teste. Além de o desenvolvedor necessitar se passar pelo usuário de modo que seja possível verificar quais ações este pode tomar na utilização normal do software, é necessário identificar os valores de entradas, realizar casos de testes e comparar os resultados dos valores de entrada passada com o valor esperado. Como o projeto “As Aventuras de Amaru” é um jogo educativo, o valor de entrada seria os comandos enviados para controlar o personagem. O resultado esperado varia bastante, podendo ser desde o *minigame* aceitar a resposta passada, até a movimentação do personagem ou a troca entre o modo de plataforma para o modo de *minigame*.

Definido isto, o teste funcional engloba algumas técnicas de design, como o teste de caso de uso, que foram utilizados neste trabalho. Este se caracteriza por testar os fluxos que podemos encontrar durante a execução do sistema, tanto o fluxo normal quanto o de exceção.

4.1.1 Teste de caso de uso

Para realizar o primeiro teste, é necessário especificar os casos de uso utilizados. Abaixo encontra-se a especificação do caso de uso selecionar alternativa.

Identificador	001
Nome do caso de uso e descrição	Responder <i>minigame</i> Permitir que o jogador escolha a alternativa para comparar ao modelo
Requisitos	Nenhum
Atores	Jogador

Pré-condições	O jogador precisa estar no modo <i>minigame</i> do jogo
Pós-condições	O jogo reconhece a resposta correta do jogador
Prioridade	Alta
Fluxo principal de eventos	1: O jogo sai do método de plataforma e entra no modo <i>minigame</i> 2: O usuário escolhe uma ou mais alternativas acertando balões, de acordo com o <i>minigame</i> . 3: O usuário acerta o botão de seta 4: O jogo verifica a resposta do jogador 5: A resposta é dada como certa e o jogador prossegue no jogo
Fluxo alternativo	3a: O jogador pode acertar o balão de borracha, que reseta a opção escolhida. 3b: O jogador pode acertar outro balão, que dependendo do <i>minigame</i> pode trocar a alternativa escolhida por outra. 5a: Caso a resposta é dada como errada, o jogador pode tentar mais duas vezes. Caso erre estas duas vezes, o jogo prossegue normalmente.
Fluxo de exceção	1a: O <i>minigame</i> pode não carregar caso o jogador ultrapasse o ponto de carregamento, que ocorre quando acontecem erros na parte de plataforma.

Com a descrição do caso de uso podemos começar a testá-lo. Abaixo temos uma tabela com os resultados dos testes realizados para o *minigame* de ligar figuras.

#	Passo do teste	Resultado Esperado	Resultado obtido
1	Jogador pisa na área de carregamento do <i>minigame</i>	O jogo é carregado normalmente	O jogo é carregado normalmente, porém algumas alternativas podem ficar fora do posicionamento desejado.
2	Jogador escolhe uma alternativa de algumas das colunas	A alternativa se destaca das outras e vai para a seleção	A alternativa se destaca das outras e vai para a seleção

3	Jogador acerta o balão de seta	O jogo ignora a seleção, pois todas as alternativas não foram selecionadas.	O jogo ignora a seleção, pois todas as alternativas não foram selecionadas.
4	Jogador acerta todos os balões de alternativas	Os balões se destacam de acordo com a coluna original	Os balões se destacam de acordo com a coluna original
5	O jogador acerta a seta novamente	O jogo corrige a resposta do jogador	O jogo corrige a resposta do jogador
6	Repete os passos 1 e 4, porém agora acerta o botão de borracha.	Todas as seleções voltam para as suas posições originais	Todas as seleções voltam para as suas posições originais
7	O jogador acertou a resposta	O jogo gera a próxima seção de plataforma	O jogo gera a próxima seção de plataforma
8	O jogador errou a resposta	As seleções voltam para o seu lugar original e é enviada uma mensagem de erro ao jogador	As seleções voltam para o seu lugar original e é enviada uma mensagem de erro ao jogador

Como pode se perceber, somente na geração de *minigames* é encontrado algum problema se comparado ao resultado esperado. Isso ocorre porque a Câmera não consegue acompanhar o avatar do usuário da forma desejada no momento de transição entre ambos os *minigames*.

4.1.2 Teste de regressão

Diferentemente do teste de caso de uso, o teste de regressão visa verificar o estado do software após uma mudança ser realizada, de modo que o programa esteja funcionando normalmente sem nenhum bug após as alterações. Para isto, é necessário realizar novamente todos os testes feitos anteriormente.

No escopo do projeto "As Aventuras de Amaru", o teste de regressão se aplicaria a realizar novamente testes funcionais nos *minigames* originais trabalhando com leitura mais as partes de plataformas, de modo a verificar o desempenho e funcionalidade dos *minigames*. Através destes foram encontrados alguns novos problemas, como na seleção de *minigames* aleatórios.

4.2 Resultados

Através deste método foram descobertos vários problemas. Entre os problemas descobertos tem um que ocorre especificamente no *minigame* de ligar figuras. Caso o jogador estivesse no topo da tela e tenta-se movimentar horizontalmente, o jogo acumulava tanto a velocidade horizontal quanto vertical do avatar do jogador, resultando neste movimentando-se em alta velocidade e saindo da área coberta pela câmera. Outro problema encontrado ocorre quando o *minigame* é escolhido aleatoriamente em perguntas envolvendo matemática. Enquanto o jogo funciona normalmente quando escolhe a maioria dos *minigames*, o mesmo não pode ser dito quando o *minigame* de completar figuras é selecionado. Caso este *minigame* seja escolhido para representar uma tarefa envolvendo leitura, o mesmo travará devido à forma como ele cria os balões. Além desses, outros erros foram corrigidos.

5. Conclusão

5.1 Resumo

O trabalho aqui apresentado objetivou a adição de novos *minigames* relacionados à matemática para o projeto “As Aventuras de Amaru”, de modo a aumentar o escopo de uma plataforma de ensino eficiente. Após apresentar as justificativas e motivações, foram apresentados trabalhos relacionados a estes, mostrando um breve resumo sobre os seus métodos, objetivos e resultados.

Na terceira seção foram mostrados os novos *minigames* feitos para o projeto “As Aventuras de Amaru”, além as adaptações feitas para fazer com que os antigos *minigames* funcionassem nesta nova metodologia. Foi explicado o seu funcionamento e como eles realizam as comparações para verificar se a resposta está correta ou não. Também foi falado sobre.

Na seção seguinte foi falado sobre o teste de software realizado nos novos *minigames*. Foi explicado como foi realizado o teste de casos de uso e de regressão, além dos resultados obtidos.

5.2 Dificuldades Encontradas

Apesar de a situação estar melhor que há alguns anos atrás, uma das dificuldades encontradas foi a de que ainda existem poucos projetos na área de educação, principalmente que utilize uma estrutura similar ao projeto “As Aventuras de Amaru”. Isto tornou difícil fazer comparações sobre o que foi desenvolvido neste trabalho, o que poderia ajudar em aumentar a qualidade dos *minigames* feitos.

Outra dificuldade encontrada foi com a falta de experiência com a motor de jogo utilizada. O Unity, mesmo que seja uma ferramenta voltada para iniciantes, ainda é uma motor de jogo complexa para se trabalhar. Muito tempo foi perdido tentando encontrar qual seria a melhor forma de trabalhar com o design dos novos *minigames*. A escolha dos *minigames* também foi difícil, com a decisão de como o ensino seria passado demandando bastante tempo.

5.3 Trabalhos futuros

Entre as propostas para trabalhos futuros, o foco seria realizar alterações no menu de seleção de personagem, pois ele ainda exibe alguns problemas após ter um certo número de usuários criados.

Devido a alta adoção de smartphones entre crianças e adolescentes, adaptar “As Aventuras de Amaru” para dispositivos móveis melhoraria a acessibilidade dos alunos ao jogo, pois nem todas as crianças possuem computadores, além de poderem jogar em qualquer lugar. Entretanto, seria necessário algumas alterações no controle do personagem Amaru, a fim de ser confortável de se controlar utilizando uma tela touchscreen. Além disso, teria de se realizar otimizações no código-fonte para rodar na maioria dos celulares.

Aumentar a opções de *minigames* de modo a diversificar a experiência do jogador é outra proposta, como o de canhão, um *minigame* encontrado no artigo original que nunca teve a chance de ser implementado. A forma como o projeto Amaru está estruturado permite que isto seja feito de forma simples. Também é uma proposta expandir o jogo para outras matérias, como história e geografia, apesar de que nestas matérias também seria necessário alterar a forma como as perguntas são feitas.

Realizar testes em escolas é outro fator que poderia ser adicionado no futuro. Enquanto que na teoria os novos *minigames* funcionam bem, não existe nenhuma garantia como eles seriam aceitos pelos alunos. Os testes seriam realizados com suporte de profissionais da pedagogia e matemática, e envolveria o acompanhamento frequente do desempenho do aluno tanto no rendimento escolar quanto nos testes de *minigames*, de modo a verificar se o jogo está tendo um resultado no aluno. Entre os testes de softwares que também poderiam ser realizados teríamos o *soak* teste, que visa verificar a estabilidade do sistema quando este fica em funcionamento por períodos prolongados de tempo.

Por fim, adicionar o programa de criação de tarefas ao próprio jogo é outra proposta. Atualmente, as tarefas são apenas arquivos de texto lido pelo jogo, e estas são editadas em um programa criado em Visual Studio. Adicionar isto como uma opção no menu e ser realizada diretamente pelo jogo tiraria uma dependência do mesmo.

6. Referências

AVIZ, P. A. **As Aventuras de Amaru: Um jogo de apoio ao ensino de leitura e escrita para crianças com dificuldades de aprendizado**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, (Graduação em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém.

OLIVEIRA, H.P.C. **Ajuste Dinâmico de Dificuldade Aplicado a um Jogo Educacional para Crianças com Déficit de Leitura e Escrita na Língua Portuguesa**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais. (Graduação em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém.

VIANNA, Y., et al. *Gamification*, Inc. **Como reinventar empresas a partir de jogos**. MJV Tecnologia Ltda. 2013.

SÁ, D. et al. **Matemática para Pedagogia: Oficina de Aritmética**. Belém. 2016. 123 páginas

CORRÊA, Y. et al. **Toth: Jogo Eletrônico para Aprendizagem da Matemática**. Disponível em <http://www.sbgames.org/papers/sbgames09/culture/full/cult31_09.pdf>. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Outubro de 2009. Acessado em 14/06/2017.

OGLIARI, L. N. et al. **A Ilha de Euler: jogos digitais e *gamification* nas aulas matemática, licenciatura**. MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CESUCA - 2317-5915, [S.l.], n. 9, p. 316-331, dez. 2015. ISSN 2317-5915. Disponível em: <<http://ojs.cesuca.edu.br/index.php/mostrac/article/view/1003>>. Acessado em 30/08/2017.

UNITY TECHNOLOGIES. **Unity User Manual**. Disponível em <<HTTPS://docs.unity3d.com/Manual/index.html>>. Acessado em 14/06/2017.

OSHIMA, Flavia. Étienne Ghys: “Sem matemática não há como desenvolver um país”. Revista Época. Julho, 19 de julho de 2017. Disponível em: <http://epoca.globo.com/educacao/noticia/2017/07/etienne-ghys-sem-matematica-nao-ha-como-desenvolver-um-pais.html>. Acessado em 04/08/2017

LEAL, Aline. AQUINO, Yara. **Pesquisa: mais da metade dos alunos de alfabetização teve baixa aprendizagem em matemática**. Disponível em: <http://www.ebc.com.br/educacao/2015/09/mais-da-metade-dos-alunos-de-alfabetizacao-teve-baixa-aprendizagem-em-matematica>. Visitado em 07/10/2017

LEARNING COMPANY. **“The Learning Company is Ranked # 1 in SchoolsMore Schools Use The Learning Company Software to Help Teach Basic Skills”**. Disponível em www.prnewswire.com/news-releases/the-learning-company-is-ranked--1-in-schools-71360897.html. Acessado em 24/10/2017.

FOGG, Matt. **Math Rabbit Deluxe Review**. Disponível em <http://www.fogg.cc/reviews/software/review06.htm> . Acessado em 24/10/2017

BARBAS, Mariana Della. **Pisa: Brasil aumenta investimento em educação mas continua no grupo dos 'lanternas'**. Disponível em <http://www.bbc.com/portuguese/internacional-38205956>. Acessado em 05/10/2017.

RAMOS, Cremilson Oliveira. SÁ, Jussara Bitencourt. **A narrativa Lúdica dos videogames: Espaços possíveis de produção de sentidos**. Disponível em http://www.ufjf.br/darandina/files/2012/12/artigo_Cremilson-Jussara.pdf. Acessado em 19/09/2017.

BERMÚDEZ, Ángel. **'Novo analfabetismo': por que tantos alunos latino-americanos terminam ensino fundamental sem ler ou fazer contas**. Disponível em <http://www.bbc.com/portuguese/brasil-41520784>. Acessado em 11/10/2017.

MILLINGTON, IAN. FUNGE, JOHN. **Artificial Intelligence for Games, 2th edition**. CRC Press, 2009.

NERINO, Gilberto Jr. **A AIED Game to help children with learning disabilities in literacy in the Portuguese language**. SBGames, XI. Brasília, 2012.

NERINO, Gilberto Jr. **Máquina de aprendizagem como ferramenta de auxílio na análise comportamental no ensino da leitura**. RENOTE - Revista Sobre Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, n. 10. Junho de 2012. Disponível em seer.ufrgs.br/renote/article/download/30853/19209. Visitado em 04/12/2017.

NERINO, Gilberto Jr. **Framework para a geração automática de repertório de tarefas de ensino individualizado baseado em componentes de dificuldade adaptativa para crianças com limitação de aprendizado em leitura**. Belém. Proposta de Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2015. Disponível em <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2016/pdf/156020.pdf>. Acessado em 04/12/2017

PORTELA, Tanise, KAMPFF, Adriana Justin Cerveira. **Jogos Educacionais: Interação Apoiada por Agentes Afetivos**. Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE), pp 1-11, 2009. Disponível em <http://seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/13647/8864>. Acessado em 04/12/2017.

ROSE, Julio. C. et al. **Aquisição de leitura após história de fracasso escolar: equivalência de estímulos e generalização.** Psicologia: teoria e pesquisa, Vol. 5, pp 325-346. Disponível em <http://periodicos.unb.br/index.php/revistapt/article/view/20408>. Acessado em 04/12/2017.

ROSE, Julio C., SOUZA, Deisy G. e HANNA, Elenice S. **Teaching reading and spelling: exclusion and stimulus equivalence.** Journal of Applied Behavior Analysis, Vol. 29, No. 4, pp 451-469. Disponível em <HTTPS://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1284016/> Acessado em 04/12/2017.

SIQUEIRA, Elton Sarmanho. **A Game for Teaching Children with disability in Reading and Writing Portuguese using Voice Recognition and Kinect Sensor.** SBGames. Salvador: [s.n.]. Novembro 2011. Disponível em HTTPS://www.researchgate.net/publication/235632977_A_Game_for_Teaching_Children_With_disability_in_Reading_and_Writing_in_Portuguese_using_Voice_Recognition_and_Kinect_Sensor. Acessado em 04/12/2017.

SIQUEIRA, Elton Sarmanho et al. **ALE RPG Jogo Digital para Aprendizado de Crianças em Leitura e Escrita,** Universidade Federal do Pará, Belém, 2012. Disponível em <http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/30789>. Acessado em 04/12/2017

TOZOUR, Paul. **Artificial Intelligence – Introduction from Game Programming** Gems 4. Hingham: Charles River Media, 2004.

WOODCOCK, Steve. **Game AI: The State of the Industry.** Game Developer Magazine. CMP Media. Aug 1999. Pages 34-43. Disponível em HTTPS://www.gamasutra.com/view/feature/131975/game_ai_the_state_of_the_industry.php. Acessado em 04/12/17.

ZADEH, Loftly A. **Fuzzy Sets.** Department of Electrical Engineering and Electronics Research Laboratory. University of California, Berkeley, California, 1965.

Guru99 **Functional Testing Tutorial: What is, Process, Types, & Examples.** Disponível em <HTTPS://www.guru99.com/functional-testing.html>. Acessado em 01/11/2017.

TESTBYTES. **9 Differents types of games testing techniques.** Disponível em <http://www.testbytes.net/blog/types-of-game-testing/>. Visitado em 08/11/2017.

SOFTWARE TESTING HELP. **How is Regression Testing Performed? Can It be Done Manually?** <http://www.softwaretestinghelp.com/what-is-regression-testing/>. Acessado em 09/11/2017

Telerik Academy. **Use Case Testing.** Disponível em <HTTPS://www.youtube.com/watch?v=Atw6o3pSLvE>. Acessado em 01/11/2017.

Francois Guibert. **Unit testing in video games.** Disponível em HTTPS://www.gamasutra.com/blogs/FrancoisGuibert/20170612/299785/Unit_testing_in_video_games.php. Acessado em 09/11/2017

Gerber, Hannah. **Can Education be Gamified?: Examining *Gamification*, Education, and the Future** Disponível em http://www.academia.edu/2235680/Can_Education_be_Gamified_Examining_Gamification_Education_and_the_Future. Visitado em 20/02/2017.

De Alencar, Vagner. **Edutainment, a união entre educação e entretenimento.** Disponível em <http://porvir.org/edutainment-uniao-entre-educacao-entretenimento/>. Acessado em 20/02/2017.

Viana, Marcelo. **Brasil sobe da 5ª divisão à elite da pesquisa matemática.** Disponível em <HTTPS://www.folha.uol.com.br/colunas/marceloviana/2018/02/brasil-sobe-da-5a-divisao-a-elite-da-pesquisa-matematica.shtml>. Acessado em 20/02/2017.

Viana, Marcelo. **Formação é calcanhar de Aquiles dos professores de matemática do Brasil.** Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/colunas/marceloviana/2017/09/1920520-formacao-e-calcanhar-de-aquiles-dos-professores-de-matematica-do-brasil.shtml>. Acessado em 20/02/2017.