Universidade de São Paulo
Instituto de Matemática e Estatística
Bacharelado em Ciência da Computação

Jogo Educativo Phoenix Rising: Para Ensino de Conceitos de Programação

Mateus Agostinho dos Anjos

Monografia Final

mac 0499 — Trabalho de Formatura Supervisionado

Supervisor: Prof. Dr. Marco Dimas Gubitoso

São Paulo
5 de dezembro de 2019

Agradecimentos

A conclusão deste trabalho só foi possível, pois muitas pessoas me ajudaram ao longo do caminho. Sabia que não seria fácil, mas tinha certeza de que não estaria sozinho.

Agradeço aos meus pais pela ajuda em momentos difíceis, quando pensei que desistir fosse a melhor opção.

Agradeço à minha irmã pelos momentos de alegria que me motivaram a continuar em frente.

Agradeço aos amigos por enfrentarem as dificuldades comigo e pela parceria até nos momentos tensos.

Agradeço aos professores que tive ao longo da vida por me incentivarem a aprender cada vez mais, buscar as perguntas certas e não só as respostas esperadas.

Resumo

Mateus Agostinho dos Anjos. **Jogo Educativo Phoenix Rising: Para Ensino de Conceitos de Programação**. Monografia (Bacharelado). Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

A ideia do trabalho é desenvolver um jogo que facilite o aprendizado de conceitos iniciais de programação e que, ao mesmo tempo, tenha um código facilmente personalizável, fazendo com que os indivíduos tenham interesse em jogar e alterar as características do jogo modificando o código fonte, tornando o projeto um ambiente mais completo de aprendizado.

Para atender a demanda do projeto foi desenvolvido *Phoenix Rising*, um jogo cujo objetivo de cada nível é criar um programa que processa dados de entrada e devolve uma determinada resposta, conquistando pontos ao concluir cada desafio. Para isso o jogador deve solucionar um tipo de quebra cabeças e utilizar conceitos de programação.

A fim de facilitar o aprendizado, existe uma animação que aparece na tela e mostra como os valores do programa criado se modificam a cada comando executado.

Já para os jogadores que gostam de efetuar algumas modificações e criar novos comandos, por exemplo, o código é aberto e foi pensado de maneira a facilitar as personalizações e a continuação do projeto.

Palavras-chave: Phoenix Rising. Godot. Jogo Educativo.

Lista de Abreviaturas

IME	Instituto de Matemática e Estatística
USP	Universidade de São Paulo

Lista de Figuras

Sumário

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação e Objetivos

Com a crescente ascensão da tecnologia nos dias de hoje o conhecimento sobre programação tem se tornado cada vez mais importante, não só pelas inúmeras aplicações que existem, mas também por ser um facilitador, tanto na vida pessoal quanto na vida profissional.

Devido a esse fato, houve um grande aumento no número de interessados pelo conhecimento da programação e, consequentemente, o ensino de tal área tem se difundido cada vez mais. Entretanto, muitos dos interessados por tais técnicas não dispõem do tempo necessário ou da paciência e concentração para o aprendizado tradicional, ou seja, leituras extensas sobre os temas e longas sessões práticas para a aplicação das técnicas aprendidas.

Neste momento os jogos ganham força como disseminadores do conhecimento para os que buscam o primeiro contato com esta área, pois são uma forma divertida e rápida de se adquirir experiência básica sobre algo. Por ser uma forma simples e dinâmica de aprendizado o indíviduo encontra mais facilidade para encaixar o jogo em sua agenda do que ler um livro teórico sobre algo. Por isso que o jogo desenvolvido tenta *gamificar*[1] uma plataforma de ensino.

Desta forma, visando proporcionar um ambiente facilitador do aprendizado dos conceitos de programação para indivíduos iniciantes ou com pouca experiência foi desenvolvido o jogo *Phoenix Rising*. Além disso a estrutura do código foi pensada de modo a facilitar a inserção de novas características ao jogo pelos indivíduos que têm certa experiência em programação, fazendo com que o projeto desenvolvido sirva para uma grande parte dos interessados em aprofundar o conhecimento.

[1] Uso de mecânicas e dinâmicas de jogos para engajar pessoas, resolver problemas e melhorar o aprendizado, motivando ações e comportamentos em ambientes fora do contexto de jogos.

1.2 Organização do Projeto

O projeto foi desenvolvido utilizando Godot na versão 3.1.1 stable, uma *game engine* que facilita a produção de jogos e possui uma linguagem própria chamada GDScript. Todo o código do jogo está mantido no GitHub, portanto o projeto é open source, o que facilita a contribuição pela comunidade.

Como um dos objetivos do projeto é disponibilizar o código fonte para melhorias serem implementadas, o código e comentários estão em inglês, seguindo as boas práticas de programação. Vale salientar também que a eficiência não foi principal ponto do projeto mas sim a legibilidade e a flexibilidade do código, portanto em algumas partes preferiu-se utilizar um pouco mais de memória e/ou processamento, embora tais escolhas não tenham grande impacto na jogabilidade.

1.3 Visão Geral do Jogo

Para nortear o leitor neste trabalho, aqui está uma breve descrição sobre como o jogo funciona.

O objetivo do jogador é completar o maior número de desafios no menor tempo possível, maximizando o somatório de pontos. Para isso ele deve resolver o problema de cada nível criando um programa que processa os dados de entrada e devolve dados de saída iguais ao dados de saída esperados no nível.

A resolução do desafio pode ser dividido em duas etapas, a primeira é resolver quebra cabeças e a segunda é posicionar os comandos de programação da forma correta, para que o programa processe corretamente os dados. O quebra cabeças consiste em conectar a entrada dos dados com a saída da resposta esperada, utilizando conexões específicas. Após completado o primeiro desafio, o jogador deve posicionar os comandos disponibilizados para criar o programa que solucionará o problema daquele nível.

Tudo isso deve ser feito no menor tempo possível, pois há um cronômetro que marca quanto tempo o jogador tem para solucionar o nível e os pontos ganhos são diretamente porporcionais ao tempo restante.

Para auxiliar o processo de aprendizado jogador conta com mensagens de guia no início do jogo além de uma animação que aparece na tela ao executar o programa criado. Nesta animação é possível ver o que acontece com os valores de entrada e até mesmo acompanhar como as variáveis do programa estão mudando.

As informações sobre o código do jogo estarão explicadas mais adiante. As explicações incluem como os arquivos estão organizado, como cenas mais importantes foram implementadas e algumas imagens que exemplificam trechos de alguns *scripts*[2] mais importantes.

[2]conjunto de instruções para que uma função (ou método) seja executada em determinado aplicativo.

Capítulo 2

Conceitos Básicos

2.1 O Conceito de Árvore

Para facilitar o entendimento, deve-se entender um pouco sobre o que é uma árvore no escopo da programação, pois tal conceito aparecerá muitas vezes neste trabalho, entretanto a definição informal, passando apenas a ideia do funcionamento, bastará para entender este projeto.

Árvore refere-se a uma forma de estruturar os dados de um programa, informalmente pode ser definido como um conjunto de elementos que armazenam informações, por sua vez são os chamados nós. Toda árvore possui o elemento chamado raiz, que é primeiro nó, de onde a árvore começa, e que possui ligações para outros elementos denominados filhos, por sua vez também são nós.

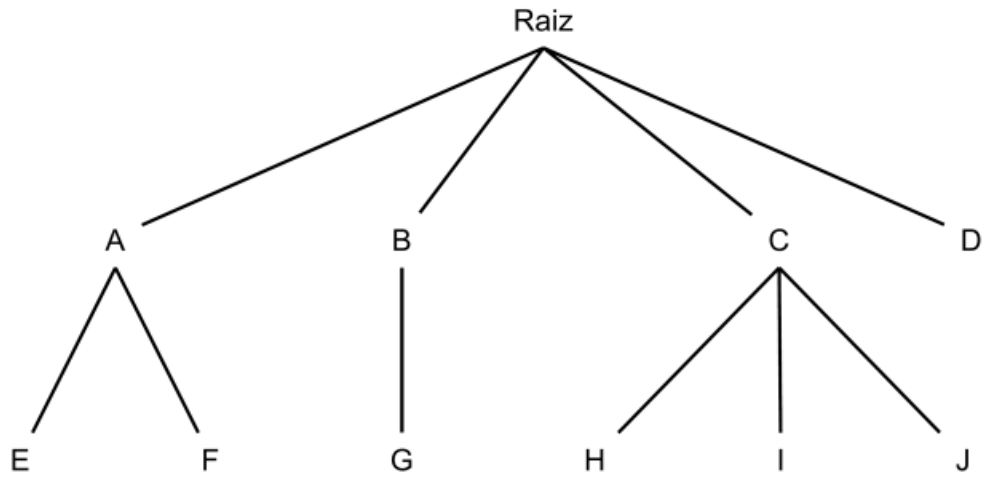


Figura 2.1: *Exemplo de árvore*

Perceba que a árvore cresce para baixo, sendo que a raiz dá origem a tudo. Os nós A, B,

C, D são filhos da Raiz. Os nós E, F são filhos do nó A. O nó D é filho da Raiz e não tem filhos.

Como a estrutura dos projetos criados utilizando a *Godot Engine* é baseada em árvores, já é possível entender parte de como o jogo desenvolvido foi estruturado. Entretanto ainda é necessário explicar o que é uma *Game Engine*.

2.2 O que é *Game Engine?*

Uma *game engine* é um programa para computador com um conjunto de bibliotecas capaz de juntar e construir, em tempo real, todos os elementos de um jogo. Ela inclui motor gráfico para renderizar gráficos em 2D ou 3D, motor de física para detectar colisões e fazer animações, além de suporte para sons, inteligência artificial, gerenciamento de arquivos, programação, entre outros. Por conta dessas facilidades, a partir do uso de uma *game engine*, é possível criar um jogo do zero de maneira mais simples e replicar vários estilos jogos com mais facilidade.

Pelas facilidades com a estrutura e organização do código, a linguagem própria e por ser um *software open source* sob a licença MIT, desenvolvido de forma independente pela comunidade, foi escolhido a *Godot game engine* para este projeto, tendo como motivação extra o grupo de extensão de jogos da Universidade de São Paulo, chamado USPGameDev.

Figura 2.2: *Logo da Godot game engine*

Como foi estabelecido o conhecimento sobre alguns termos gerais, agora é possível entender o básico de como funciona a *Godot Engine*.

2.3 Entendendo sobre a *Godot Engine*

A seguir estão as explicações dos conceitos básicos.

2.3.1 Nós

Nós são blocos de construção fundamentais para a criação de um jogo. Um nó pode executar uma variedade de funções especializadas. No entanto, qualquer nó fornecido sempre possui os seguintes atributos:

- Possui um nome.
- Possui propriedades editáveis.
- Ele pode receber um retorno de chamada (*callback*) para processar todos os quadros (*frames*).
- Pode ser estendido (para ter mais funções).
- Pode ser adicionado a outro nó como filho.

Perceba que o último atributo é muito importante, pois quando nós tem outros nós como filhos o conjunto se torna uma árvore, como foi explicado anteriormente. Em Godot, a capacidade de organizar nós dessa maneira cria uma ferramenta poderosa para organizar projetos. Como nós diferentes têm funções diferentes, combiná-los permite a criação de funções mais complexas, a partir disso *Phoenix Rising* foi criado.

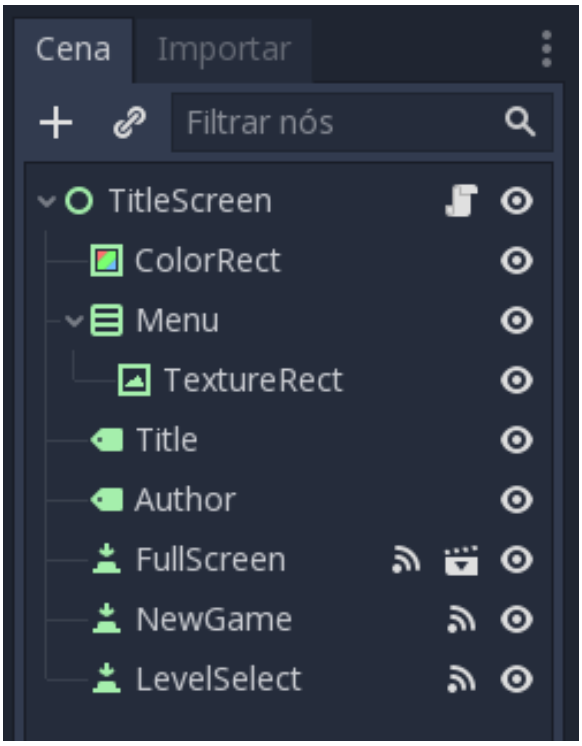


Figura 2.3: *Exemplo de nós*

Note que na imagem ao lado existem vários nós diferentes, porém todos são verdes, isso se deve ao fato de todos herdarem da classe Control, nós que compõem a interface de usuário.

Os ícones do lado esquerdo de cada nome dos nós indicam a qual classe filha pertence o nó escolhido. De uma maneira informal pode-se entender isso como a especialização deste nó dentro da classe Control.

O nó chamado *Menu* é filho da raíz da cena, chamada *TitleScreen*, e também tem um filho chamado *Texture Rect*, exemplificando o último atributo citado acima.

A partir do exemplo acima é possível entender como a organização dos nós contrói a árvore de cena, conceito explicado na próxima seção.

2.3.2 Cenas

Uma cena é composta por um grupo de nós organizados hierarquicamente (em forma de árvore). Além disso, uma cena:

- Sempre tem um nó raiz.
- Pode ser salva no disco e carregada de volta.
- Pode ser instanciada.
  Neste caso o nó ficará marcado com o símbolo:

Figura 2.4: *Símbolo que indica Cena Instanciada*

Executar um jogo significa executar uma cena. Um projeto pode conter várias cenas, mas para o jogo começar, uma delas deve ser selecionada como a cena principal.

Basicamente, o editor Godot é um editor de cenas. Possui muitas ferramentas para editar cenas 2D e 3D, bem como interfaces com o usuário, mas o editor é baseado no conceito de edição de uma cena e nos nós que a compõem.

2.3.3 Instâncias

Criar uma única cena e adicionar nós a ela pode funcionar para pequenos projetos, mas à medida que o projeto aumenta em tamanho e complexidade, o número de nós pode se tornar rapidamente incontrolável. Para resolver isso, Godot permite que um projeto seja separado em qualquer número de cenas. Isso fornece uma ferramenta poderosa que ajuda a organizar os diferentes componentes do seu jogo.

Em Cenas e nós, você aprendeu que uma cena é uma coleção de nós organizados em uma estrutura de árvore, com um único nó como raiz da árvore. Você pode criar quantas cenas quiser e salvá-las em disco. As cenas salvas dessa maneira são chamadas de "Cenas compactadas" (*packed scenes*) e têm uma extensão de nome de arquivo ".tscn".

Veja no exemplo abaixo que a cena *Tutorial* é composta por vários outros nós, dentre eles o nó *InputOutput* também é uma cena e foi instanciada.

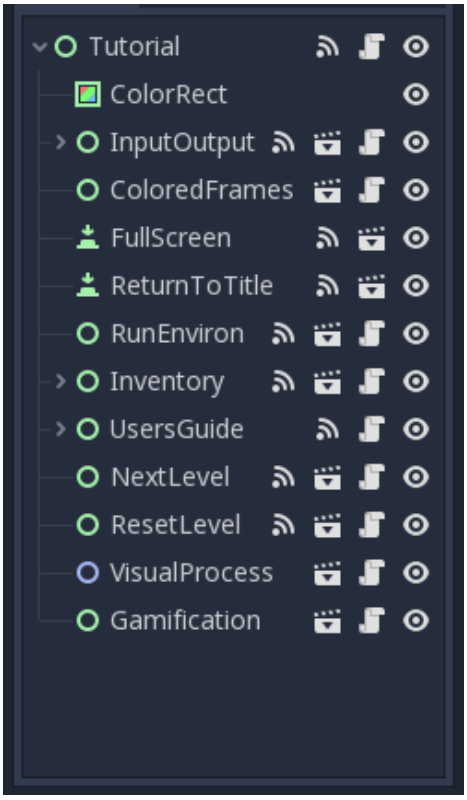


Figura 2.5: *Cena Tutorial*

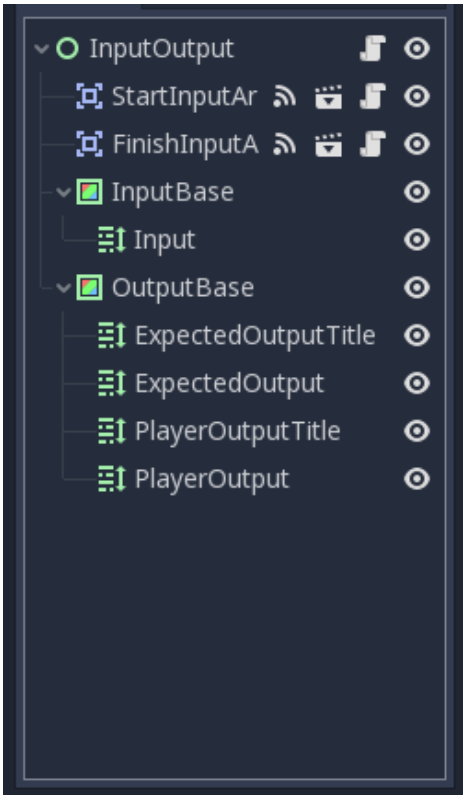


Figura 2.6: *Cena InputOutput*

Instanciar uma cena utilizando *Godot* é bem fácil, basta clicar no botão de instanciar cena e selecionar qual cena salva que se deseja instanciar.

Figura 2.7: *Exemplo de instanciação*

A instanciação é muito utilizada em *Phoenix Rising*, portanto esta parte deve ficar mais clara conforme adentramos nos detalhes da estrutura e de implementação mais adiante.

2.3.4 *SceneTree*

Para entender melhor o que é uma *SceneTree* deve-se entender um pouco sobre o modo como *Godot* trabalha internamente.

Primeiro, a única instância que é executada no início pertence à classe *OS*. Depois, todos os drivers, servidores, linguagens de script, sistema de cenas e outros recursos são carregados.

Quando a inicialização estiver concluída, o sistema operacional precisará receber um *MainLoop* para executar. Até o momento, tudo isso funciona internamente (você pode verificar o arquivo "main.cpp"no código-fonte se estiver interessado em ver como isso funciona internamente).

Este *MainLoop* da inicio ao programa do usuário, ou jogo. Essa classe possui alguns métodos, para inicialização, *callbacks* e *input*. Novamente, esse é um nível baixo e, ao fazer jogos em Godot, escrever seu próprio *MainLoop* raramente faz sentido.

A partir disso o sistema de cena fornece seu próprio loop principal para o *OS*, chamado de *SceneTree*. Isso é instanciado automaticamente e definido ao executar uma cena, sem a necessidade de fazer nenhum trabalho extra.

Agora que a *SceneTree* foi introduzida é importante saber que ela existe e possui algumas características, como:

- Contém o *Viewport* raiz, ao qual uma cena é adicionada como filha quando é aberta pela primeira vez para se tornar parte da *SceneTree*.
- Contém informações sobre os grupos e possui os meios para chamar todos os nós em um grupo ou obter uma lista deles.
- Contém algumas funcionalidades do estado atual do jogo, como definir o modo de pausa ou término de processos.

Desta forma, quando um nó é conectado, direta ou indiretamente, à *viewport* raiz, ele se torna parte da *SceneTree*. Quando os nós entram na Árvore da cena, eles se tornam ativos. Eles têm acesso a tudo o que precisam para processar, obter informações, exibir imagens em 2D e 3D, receber e enviar notificações, reproduzir sons, entre outros processamentos. Quando são removidos da árvore da cena, perdem essas habilidades, evitado alguns comportamentos indesejados.

A importância de se entender tudo isso, para este projeto, se dá pois a maioria das operações de nó em *Godot*, como desenhar 2D, processar ou obter notificações, são feitas seguindo a ordem que os nós estão na árvore.

O processo de tornar um nó ativo ao entrar na *SceneTree* se dá seguindo os passos:

1. Uma cena é carregada do disco ou criada por script.
2. A raiz dessa cena é adicionada como filha de *Viewport*, ou como filha de qualquer filha de *Viewport*

3. Cada nó da cena recém-adicionada receberá a notificação *"enter_tree"* na ordem de cima para baixo, ou seja, o pai é notificado e depois cada um de seus filhos.
4. Uma notificação extra, *"ready"* é fornecida por conveniência, quando um nó e todos os seus filhos estão dentro da cena ativa.
5. Quando uma cena (ou parte dela) é removida, eles recebem a notificação *"exit_tree"* na ordem de baixo para cima, ou seja, os filhos são notificados e depois o pai.

2.3.5 Singleton

O sistema de cenas utilizado em *Godot*, embora poderoso e flexível, tem uma desvantagem: não há método para armazenar informações, por exemplo, pontuação do jogador (inclusive utilizado neste projeto), que é necessário para mais de uma cena.

Existem alternativas de implementação ao se deparar com estes problemas, porém na maioria dos casos o padrão *Singleton* irá consumir menos tempo e memória. Isso deve-se ao fato de *Singleton* ser uma ferramenta útil para resolver o caso de uso comum em que você precisa armazenar informações persistentes entre as cenas. No nosso caso, é possível reutilizar a mesma cena ou classe para vários *Singletons*, desde que eles tenham nomes diferentes.

Resumindo, usando esse conceito, você pode criar objetos que:

- Sempre estejam carregados e prontos para uso, independentemente da cena em execução no momento.
- Pode armazenar variáveis globais, como informações do jogador.
- Pode lidar com alternância de cenas e transições entre cenas.

Vale lembrar também que o carregamento automático de nós e scripts pode nos dar essas características ao custo de processamento.

2.3.6 Sinais

Sinais permitem que um nó envie uma mensagem que outros nós possam ouvir e responder. Por exemplo, em vez de verificar continuamente um botão para ver se ele está sendo pressionado, o botão pode emitir um sinal quando é pressionado e assim quem receber o sinal poderá executar o que é necessário.

Servem, portanto, para dissociar os objetos do jogo, o que leva a um código melhor organizado, mais legível e limpo. Também faz com que os objetos do jogo não precisem estar sempre em conexão com outros, pois um nó pode emitir um sinal e apenas os nós interessados em tratar tal evento, aqueles que o emissor se conectou, recebam este sinal.

Alguns nós já vem com uma serie de sinais prontos para serem conectados, como visto na figura abaixo:

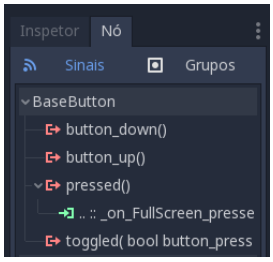


Figura 2.8: *Sinais pré programados de um nó do tipo Button*

Note que o sinal *pressed()* relativo ao nó chamado *FullScreen* já está conectado (note o ícone em verde, que simboliza a conexão).

Entretando nem sempre estes sinais cobrem a necessidade do projeto. Sendo assim é preciso criar o próprio sinal, utilizando código. Veja o exemplo abaixo:

```
signal input_output_defined(input, output)
```

Figura 2.9: *Sinal input_output_defined criado por código*

Veja que foi criado o sinal chamado *input_output_defined* que carrega dois parâmetros: *input* e *output*.

Depois pode-se conectar o sinal utilizando a interface de programação que o *Godot* oferece ou conectá-lo via código como visto nas imagens a seguir:

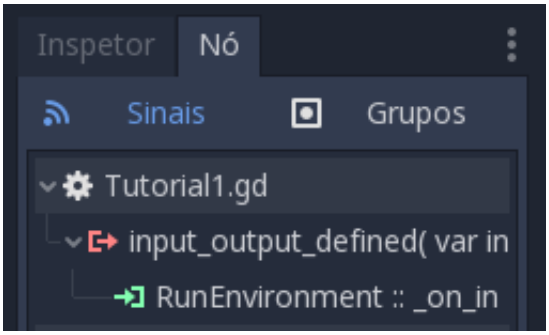


Figura 2.10: *Sinal input_output_defined conectado via interface*

```
11 func execute(input, arguments, action_number):
12     connect("variable_changed", get_parent().get_node("VariablesMap"), "_on_variable_changed")
13     if (not arguments.empty()):
```

Figura 2.11: *Sinal variable_changed conectado via código (linha 12.)*

2.3.7 *GDScripts*

GDScript é uma linguagem de programação de alto nível e tipagem dinâmica usada para criar e modelar o comportamento dos nós. Ela usa uma sintaxe semelhante ao *Python* (os blocos são baseados em identação e muitas palavras-chave são semelhantes). Seu objetivo é ser otimizada e fortemente integrada ao Godot Engine, permitindo grande flexibilidade para criação e integração de conteúdo.

Quando adicionado ao nó o script adiciona comportamento a ele, controlando seu funcionamento e as interações com outros nós: filhos, pais, irmãos e assim por diante. O escopo local do script é o próprio nó. Em outras palavras, o script herda as funções fornecidas por esse nó.

Capítulo 3

O Jogo

3.1 Objetivo Dentro do Jogo

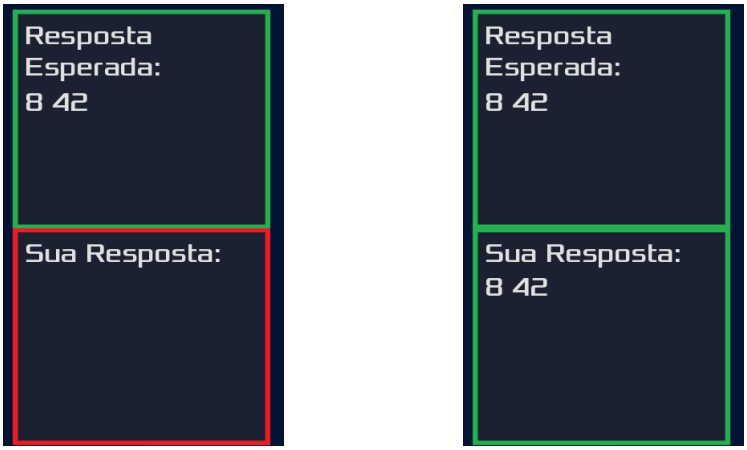
Para que seja mais fácil entender o projeto como um todo, esta seção explicará o objetivo que o jogador deve alcançar ao jogar *Phoenix Rising*. A imagem abaixo exemplifica um nível do jogo.

Figura 3.1: *Exemplo de um nível*

O jogador irá receber dados que serão mostrados dentro do retângulo azul, posicionado no lado esquerdo da tela. O exemplo abaixo mostra um nível que fornece ao jogador os números 7 e 41 como dados iniciais.

Figura 3.2: *Exemplo de entrada*

O objetivo do jogador é conseguir reproduzir o que está no retângulo verde, posicionado no lado direito da tela, chamado "Resposta Esperada". No exemplo abaixo o nível exige que o jogador reproduza os números 8 e 42. Após o programa do jogador ser executado a saída que ele obteve aparecerá abaixo de "Sua Resposta" que está no retângulo vermelho (fig(a)) e caso o resultado em "Sua Resposta" for igual ao que está em "Resposta Esperada"o retângulo também ficará verde (fig (b)).



(a) *Objetivo não alcançado* **(b)** *Objetivo alcançado*

Figura 3.3: *Objetivos*

O jogador deve cumprir o objetivo dentro do tempo limite para acumular pontos. Este tempo é mostrado constantemente na tela e sempre iniciará com 120 segundos restantes.

Figura 3.4: *Tempo restante no início do nível*

Ao concluir o nível o jogador ganhará pontos iguais ao valor de tempo que restava ao apertar o botão "rodar!", obviamente os pontos só serão obtidos caso o objetivo seja alcançado. Este fato está relacionado com a duração do processo visual que o jogo possui e será explicado mais adiante, por hora deve-se entender que existe um sistema de pontuação.

Figura 3.5: *Pontuação obtida*

Note que, se o jogador tinha zero pontos quando concluiu este nível, o programa criado que alcançou o objetivo foi executado quando ainda havia 101 segundos restantes, porém a animação continuou executando, consequentemente o tempo continuou correndo, para que o usuário pudesse visualizar o que está acontecendo durante a execução do programa criado e aprender como funciona cada comando.

Portanto o objetivo final de *Phoenix Rising* é completar o maior número de níveis no menor tempo possível para maximizar o somatório de pontos. Para isso o jogador deve aprender a mecânica de jogo, o que e como cada comando executa sua instrução e como montar o quebra cabeça dos diferentes níveis.

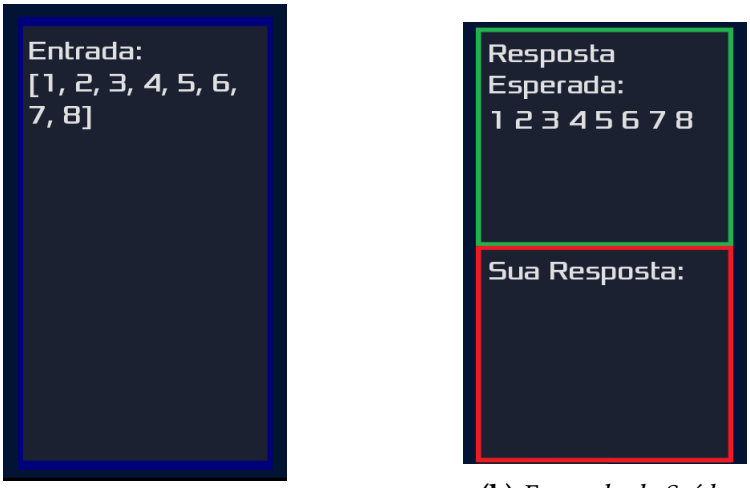
3.2 Elementos do Jogo

Agora que o objetivo do jogo foi explicitado, deve-se entender quais elementos estão envolvidos para que o jogador possa concluir o desafio.

3.2.1 Entrada e Saída

Estes termos são recorrentes na computação e geralmente são chamados de *Intput*[1] e *Output*[2] respectivamente. Neste jogo a entrada e saída estão delimitadas pelos retângulos coloridos e servem para mostrar para o jogador o que ele receberá para processar e o que ele deve produzir com o código gerado.

[1]Dados fornecidos para o sistema processar
[2]Dados que o sistema gera após o processamento



(a) *Exemplo de Entrada*

(b) *Exemplo de Saída*

Figura 3.6: *Entrada e Saída*

3.2.2 Espaço de Ação

Os espaços de ação são as áreas móveis do jogo que permitem montar o quebra-cabeças e que recebem os comandos que executarão as ações de processamento dos dados de entrada. Portanto este é um dos principais itens do jogo.

Figura 3.7: *Um espaço de ação*

O jogador pode:

- Movimentar o espaço de ação ao clicar no ícone de arrastar.

(a) *Ícone de arrastar não pressionado* **(b)** *Ícone de arrastar pressionado*

Figura 3.8: *Ícones de arrastar*

- Modificar as conexões de entrada e saída ao clicar nos ícones de troca de conexões.

Figura 3.9: *Ícone de trocas de conexões*

Figura 3.10: *Exemplos de conexões alteradas*

- Verificar qual a posição do espaço de ação na sequência de operações.

Figura 3.11: *Posição na ordem de ações (1)*

- Preencher os *argumentos*[3] necessários para os diferentes comandos

[3] É um valor, proveniente de uma variável ou de uma expressão mais complexa, que pode ser passado para um comando (sub-rotina). Um comando utiliza os valores atribuídos aos parâmetros para alterar o seu comportamento em tempo de execução.

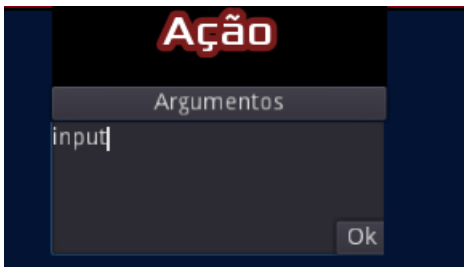


Figura 3.12: *Espaço para Argumentos*

- Posicionar o comando a ser utilizado no respectivo espaço de ação.

Figura 3.13: *Espaço de Ação com Comando Print*

Note que, dentro do jogo, um espaço de ação não pode ser movimentado caso um comando esteja posicionado, isso faz com que o jogador tenha que completar o quebra cabeças antes de pensar quais comandos serão utilizados.

3.2.3 Inventário e Comandos

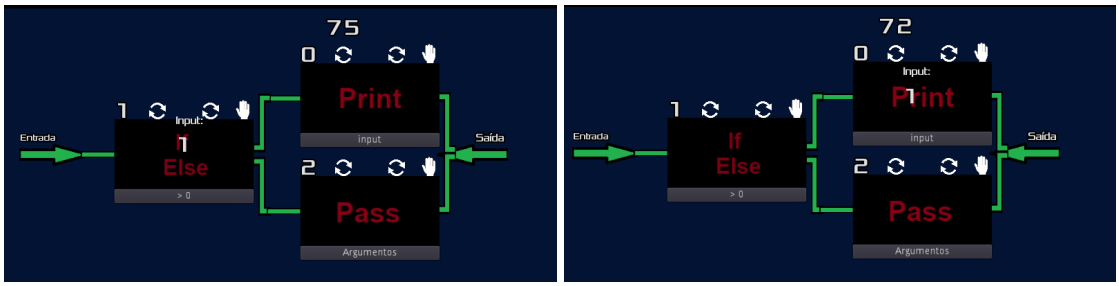
Um comando é uma ação que processa o dado de uma forma específica de acordo com os argumentos que recebe, portanto todo comando possui nome e uma função. Os comandos do jogo estão em vermelho na imagem abaixo.

Figura 3.14: *Inventário com Comandos*

Os três primeiros comandos na imagem são de soma, subtração e multiplicação respectivamente. Estes comandos executam as operações básicas como conhecemos e apenas a operação de soma funciona como operador de concatenação caso o dado a ser processado seja uma string.

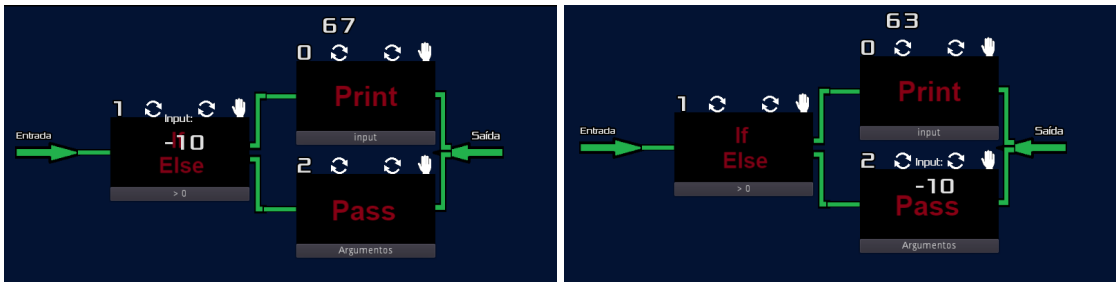
O quarto comando da sequência, chamado *Print*, escreve na saída "Sua Resposta"o valor do *Input* ou de uma variável do programa, dependendo de qual argumento passado.

O quinto comando da sequência, chamado *Pass*, serve apenas para conectar o sistema sem executar nenhum processamento dos dados. O sexto comando da sequência, chamado *If/Else*, serve como controle de fluxo do programa, ou seja, o comando recebe como argumento uma expressão, nomeada condição, e durante a execução o comando *If/Else* avalia se tal condição é verdadeira ou falsa, executando o ramo de ação referente ao resultado da avaliação.



(a) *Avaliação da condição* **(b)** *Caminho referente a avaliação*

Figura 3.15: *Processo visual para If*



(a) *Avaliação da condição* **(b)** *Caminho referente a avaliação*

Figura 3.16: *Processo visual para Else*

Nos exemplos acima o input segue o caminho de cima caso ele seja maior que zero, caso contrário seguirá o caminho de baixo. Para o sistema ter esse comportamento basta passar como argumento para o comando *If/Else* ” > 0 ”.

O sétimo e oitavo comandos, chamados *A* e *B* respectivamente, são variáveis e podem armazenar informações do programa para serem utilizadas posteriormente. Além disso o jogador pode acompanhar os valores de *A* e *B* durante a execução do programa olhando para a região de *Valores das Variáveis* localizada no canto superior direito da tela.

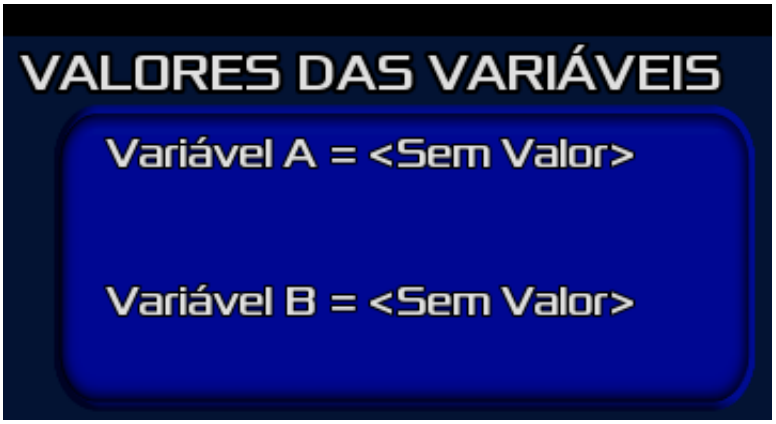


Figura 3.17: *Valores das Variáveis*

Conforme a execução do programa estes valores serão modificados, veja na imagem abaixo.

(a) *Atribuição do valor 42 para variável A* **(b)** *Mudança na região de Valores das Variáveis*

Figura 3.18: *Processo visual para mudança nas variáveis*

Note também que o *Input* era vazio, portanto valores de variáveis podem ser valores fixos atribuidos pelo jogador, como o exemplo acima mostra, ou podem ser dinâmicos, ou seja, o jogador pode armazenar em uma variável o valor corrente do *Input*.

O nono comando, chamado *Error*, não deve ser utilizado, pois só aparece caso a importação de algum dos comandos anteriores dê errado. Por conta disso o comando de erro não possui comportamento algum e, se tudo der certo durante o jogo, este comando não aparecerá em nenhum momento.

3.2.4 Setas de Entrada e Saída

Estas setas são as conexões iniciais que o jogador deve se preocupar. O programa do jogador irá receber os valores disponibilizados a serem processados a partir da *Seta de Entrada*, portanto a primeira conexão que deve ser feita é entre um espaço de ação e esta seta. Já a *Seta de Saída* será a última conexão que o jogador terá que fazer, pois o programa só estará apto a ser executado quando existir uma conexão entre a duas setas.

(a) *Seta de Entrada* **(b)** *Seta de Saída*

Figura 3.19: *Setas de Entrada e Saída*

3.2.5 Botões

Na tela de jogo constam os seguintes botões cujo comportamento está especificado ao lado:

- **Tela Cheia** - Coloca o jogo em tela cheia.
- **Menu Principal** - Retorna ao menu principal
- **Velocidade da Animação** - Modifica a velocidade da animação de execução do programa.
- **Rodar!** - Inicia a execução do programa criado caso o sistema esteja conectado e não haja erro na utilização dos comandos.
- **Reiniciar Nível** - Recomeça o nível atual.
- **Próximo Nível** - Inicia o nível sequente do nível atual.

3.3 Forma de Jogar

Para conseguir completar o objetivo o jogo *Phoenix Rising* funciona da seguinte forma:

O jogador deve resolver o quebra cabeças conectando os blocos da forma correta até que a Seta de Entrada esteja conectada com a Seta de Saída.

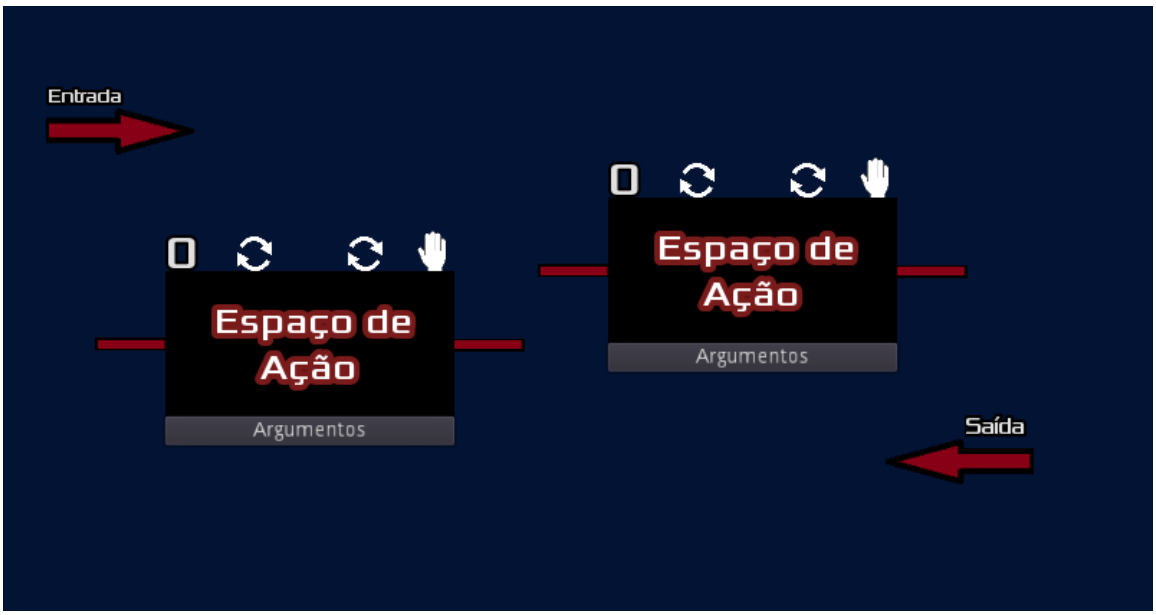


Figura 3.20: *Jogo não conectado*

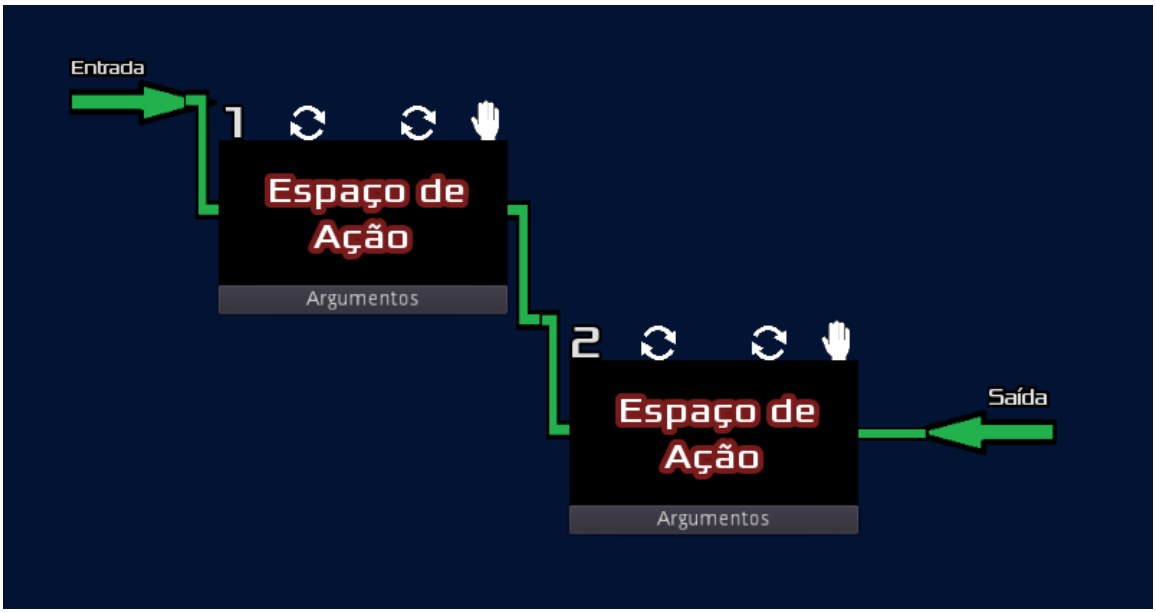


Figura 3.21: *Jogo conectado*

Desta forma o jogador deve compreender que, para criar um programa, é necessário pensar sobre a estrutura que o código terá antes de começar a utilizar os comandos, pois tentar criar um código apenas inserindo comandos sem pensar previamente em uma estrutura base leva a códigos confusos e que muitas vezes não funcionam corretamente. É claro que para sistemas maiores as reestruturações do modelo ocorrem com certa frequência, porém o objetivo deste jogo é apenas introduzir os conceitos básicos de programação.

Após ter o sistema conectado, o jogador deve utilizar os comandos que são disponibilizados no inventário, posicionados no canto inferior esquerdo da tela de jogo.

Figura 3.22: *Exemplo de comandos disponíveis*

Depois de posicionar os comandos, o jogador deve preencher os argumentos que cada comando recebe e então o sistema estará pronto para ser executado.

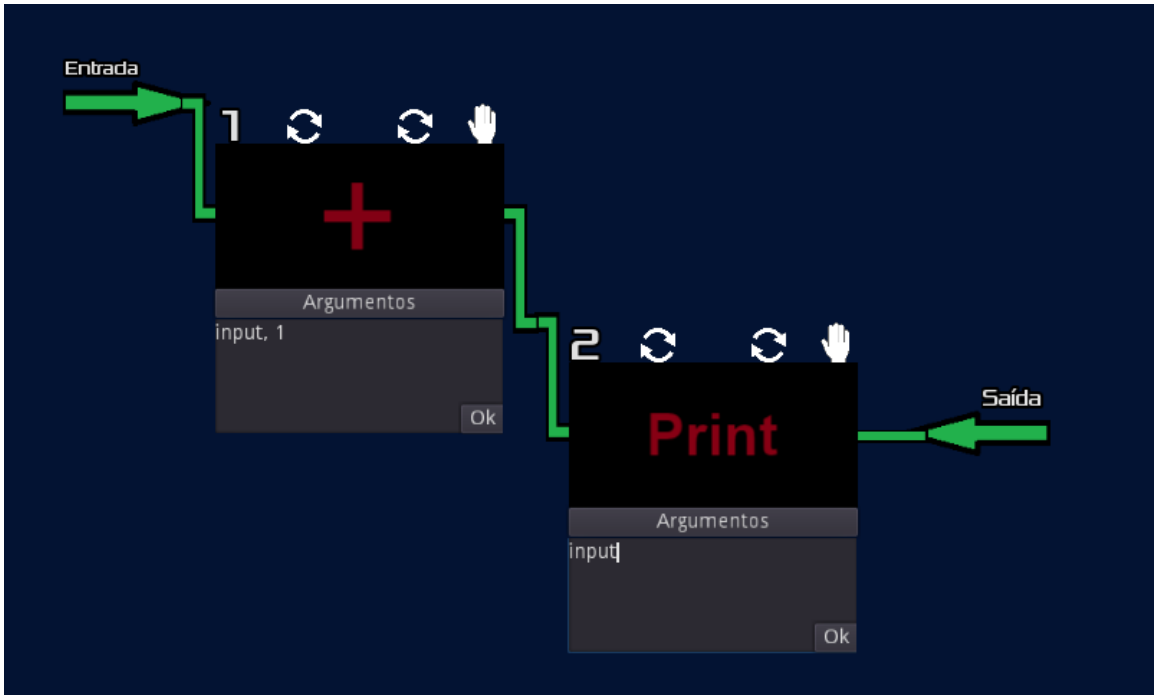


Figura 3.23: *Jogador preenchendo os argumentos*

Agora o sistema está pronto para ser executado.

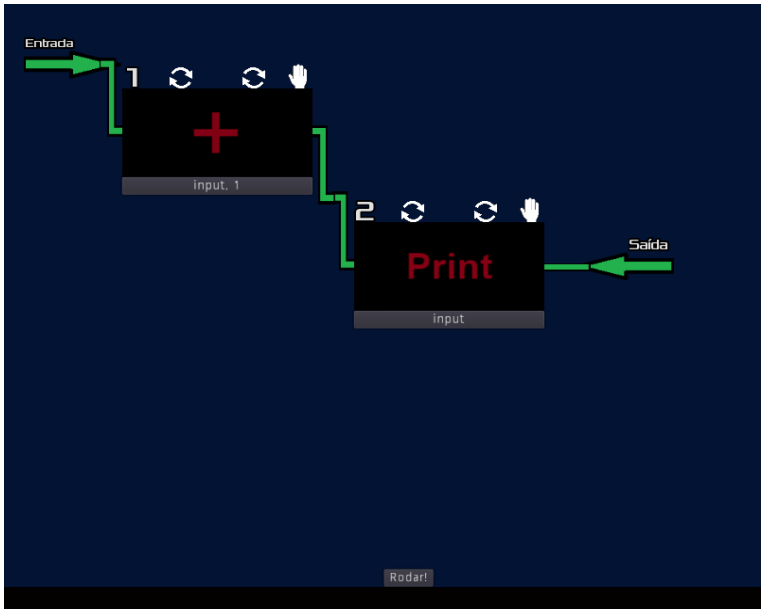


Figura 3.24: *Sistema pronto para execução*

Para iniciar o processamento dos dados de entrada, ou seja, rodar o programa, basta o jogador clicar no botão *rodar!* e ficar atento à animação. No exemplo abaixo a primeira entrada era o número 7 e está sinalizada na animação pelo nome *Input:*.

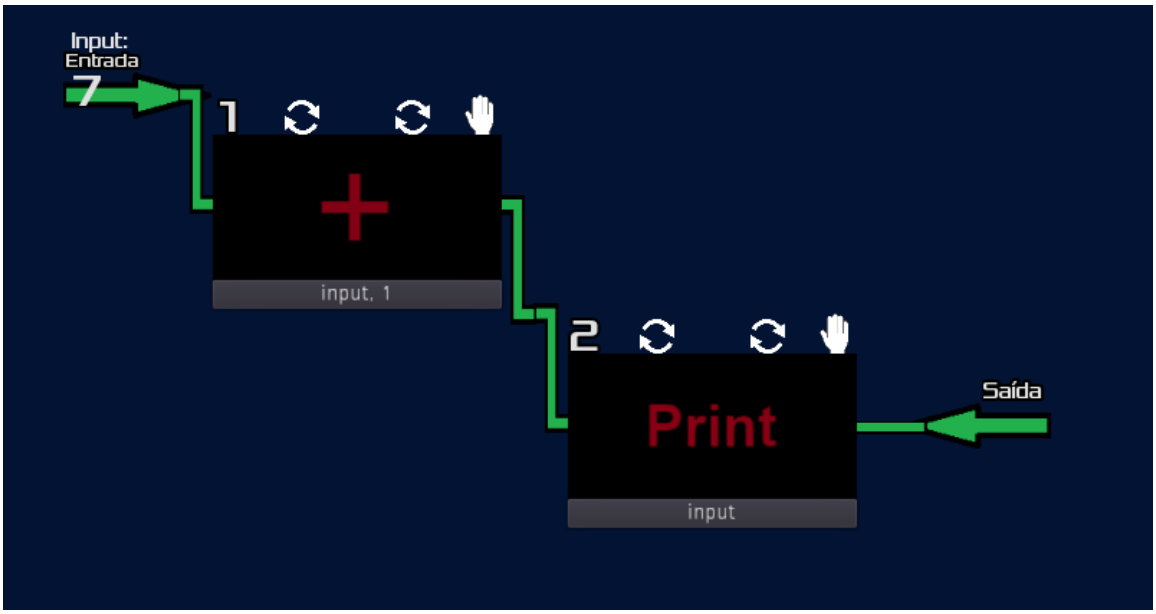


Figura 3.25: *Início da execução do sistema*

Agora o programa está rodando e o jogador pode acompanhar o que está acontecendo, pois o valor do *Input* será exibido constantemente na tela. Após passar por algum comando o valor de *Input* será modificado de acordo com a operação executada.

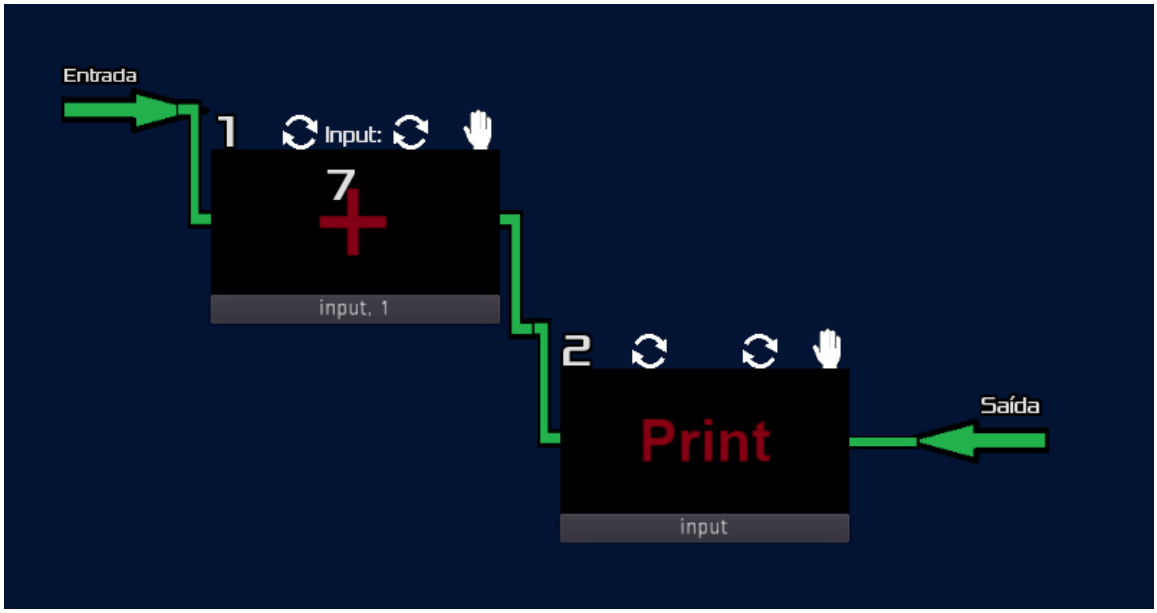


Figura 3.26: *Valor do Input antes da operação*

Note que após passar pelo comando de soma, o valor de *Input* será incrementado em 1, pois foi passado como argumento "input, 1", fazendo com que seja somado 1 ao valor corrente do *Input*.

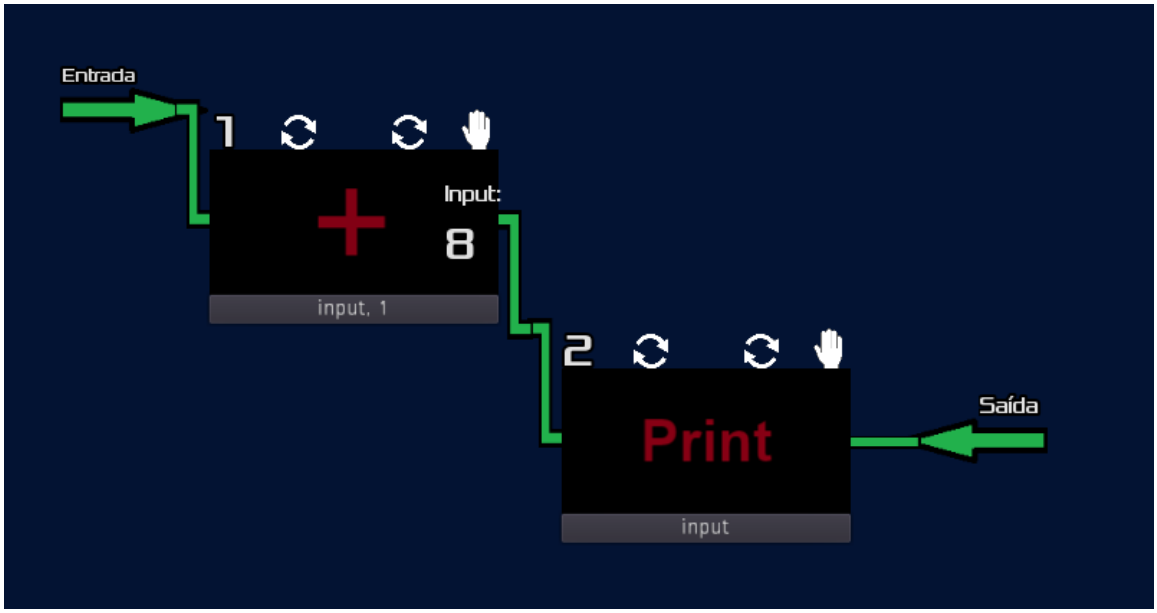


Figura 3.27: *Valor do Input após a operação*

Esta maneira de conseguir acompanhar o que está acontecendo com os valores do programa enquanto é executada cada ação permite que o jogador entenda realmente como cada comando funciona, facilitando o aprendizado principalmente das instruções que controlam o fluxo de operação e loops.

Capítulo 4

Implementação do Projeto

Agora que foram definidas as mecânicas de jogo do ponto de vista de um jogador e explicado que uma das intenções do projeto é facilitar o aprendizado de um iniciante em computação é preciso explicar melhor os detalhes da implementação para concluir a segunda intenção do projeto que é permitir a extensão do jogo por alguém que já conheça um pouco de programação ou esteja interessado em modificar o código fonte, inserindo novas funcionalidades.

Para isso, essa seção divide a explicação dos arquivos do jogo agrupando por funcionalidades, assim entender o código de implementação torna-se mais simples.

4.1 Inventário

Dentro dos arquivos do jogo (diretório *Phoenix Rising*) é encontrado na pasta *GenericGameScenes* e administra os comandos disponíveis e a movimentação deles na tela.

A seguir estão imagens com os nós que compõem a cena, os métodos do script atrelado ao nó raiz, chamado *Inventory* e as variáveis mais importantes para entender o código.

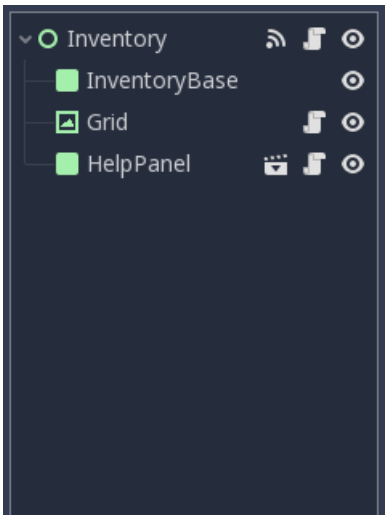


Figura 4.1: *Árvore da cena Inventory*

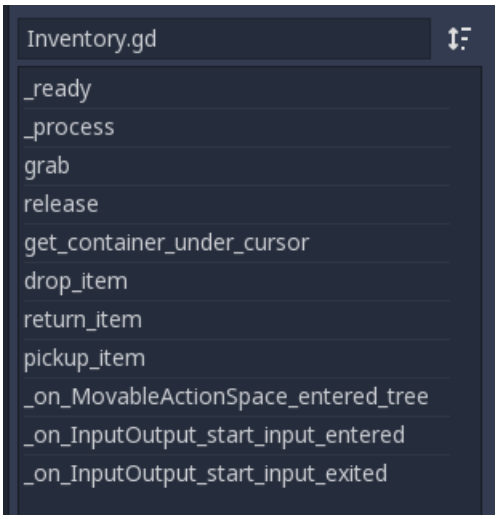


Figura 4.2: *Funções do script do nó Inventory*

```
9  #Variables that handles the Inventory Items and Containers
10 onready var grid = $Grid
11 var containers = [null]
12 var item_held = null
13 var item_offset = Vector2()
14 var last_container = null
15 var last_pos = Vector2()
```

Figura 4.3: *Variáveis do script do nó Inventory*

O nó *InventoryBase* apenas dá cor ao espaço destinado aos comandos no início do jogo e o nó *HelpPanel* é uma cena instanciada que gerencia o menu de ajuda que aparece ao solicitar mais explicações sobre um comando.

Dentro do jogo *Phoenix Rising* os comandos disponíveis devem ocupar o espaço de áreas específicas. Estas áreas são chamadas de recipientes (do inglês *container*). Um recipiente pode ser o próprio *Grid* do inventário ou espaços definidos dentro dos Espaços de Ação, que serão explicados posteriormente.

O nó *Grid* tem grande importância dentro da cena, pois é ele quem separa cada recipiente da tela de jogo em pequenos quadradinhos, facilitando a mecânica de mover os comandos disponíveis. Estes recipientes são adicionados na lista de *containers*, definida na linha 11 da figura 3.3.

Para facilitar o entendimento, veja as variáveis mais importantes e o método de inicialização da grade (do inglês *grid*):

```
3  #The list of every item in the grid
4  var items = []
5  #Used to create a metric for item positioning
6  var grid = {}
7  #Size of each grid cell
8  var cell_size = 32
9  #Size of the grid
10 var grid_width = 0
11 var grid_height = 0
```

Figura 4.4: *Variáveis do Grid*

```
16 #_ready initializes the grid
17 func _ready():
18     var s = get_grid_size(self)
19     grid_width = s.x
20     grid_height = s.y
21
22     for x in range (grid_width):
23         grid[x] = {}
24         for y in range (grid_height):
25             grid[x][y] = false
```

Figura 4.5: *inicialização do Grid*

O tamanho de cada quadrado é armazenado e definido na linha 8 da figura 3.4 e as medidas da grade são armazenadas pelas variáveis definidas nas linhas 10 e 11 da mesma figura.

Na inicialização da grade do inventário o método *get_grid_size* recebe o retângulo que foi definido para ser o recipiente e devolve seu tamanho (largura e altura) usando o sistema quadriculado, ou seja, devolve quantos quadrados de largura e altura ele ocupa. Depois, cada posição desta grade recebe o valor "falso", sinalizando que aquele quadrado está vazio, ou seja, que nenhum item do jogo ocupa aquelas posições.

A partir dessa divisão todo comando que é disponibilizado no inventário ocupará um número de quadrados do *grid* e a movimentação destes itens é feita pelos métodos de pegar (do inglês *grab*) e soltar (do inglês *release*) definidos no *scripts* do nó *Inventory*. Ao posicionar um comando em alguma região do recipiente os quadrados são marcados com "verdadeiro"para sinalizar que aquela região está preenchida.

```
27 #This function inserts the item on Action Space if it is possible
28 #returns true when it was possible to insert and false when it's not
29 func insert_item(item):
30     var item_pos = item.rect_global_position + Vector2(cell_size/2, cell_size/2)
31     var g_pos = pos_to_grid_coord(item_pos)
32     var item_size = get_grid_size(item)
33     if is_grid_space_available(g_pos.x, g_pos.y, item_size.x, item_size.y):
34         set_grid_space(g_pos.x, g_pos.y, item_size.x, item_size.y, true)
35         item.rect_global_position = rect_global_position + Vector2(g_pos.x, g_pos.y) * cell_size
36         items.append(item)
37         return true
38     else:
39         return false
```

Figura 4.6: *Método de inserção de um item*

```
61  #Receives a (x, y) grid position and sets to
62  #state every position on the rectangle (x, x+w, y, y+h)
63  func set_grid_space (x, y, w, h, state):
64          for i in range (x, x + w):
65              for j in range (y, y + h):
66                  grid[i][j] = state
67
```

Figura 4.7: *Marcação das posições do grid*

4.2 Espaço de Ação

Dentro dos arquivos do jogo (diretório *Phoenix Rising*) é encontrado na pasta *ActionSpace*. O espaço de ação serve para conectar o sistema fazendo com que seja possível executá-lo e posicionar os comandos que serão utilizados no programa criado pelo jogador.

Basicamente o espaço de ação é divido em duas partes, uma móvel e outra fixa. A cena *MovableActionSpace* é a parte que permite a mobilidade e a cena *ActionSpace* cuida de receber o item posicionado e os argumentos.

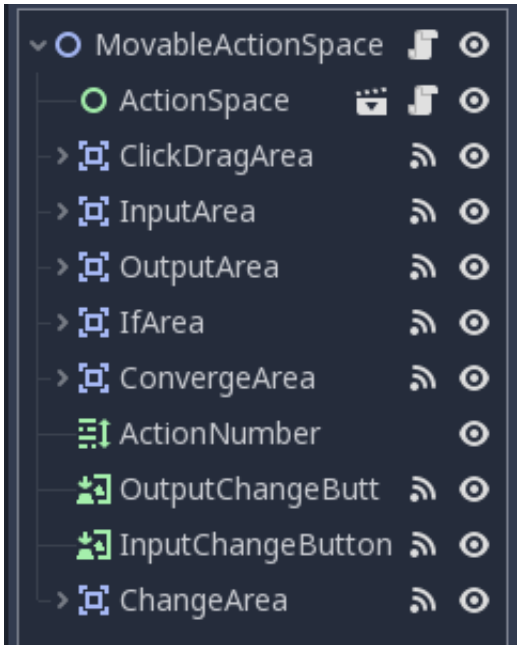


Figura 4.8: *Cena MovableActionSpace*

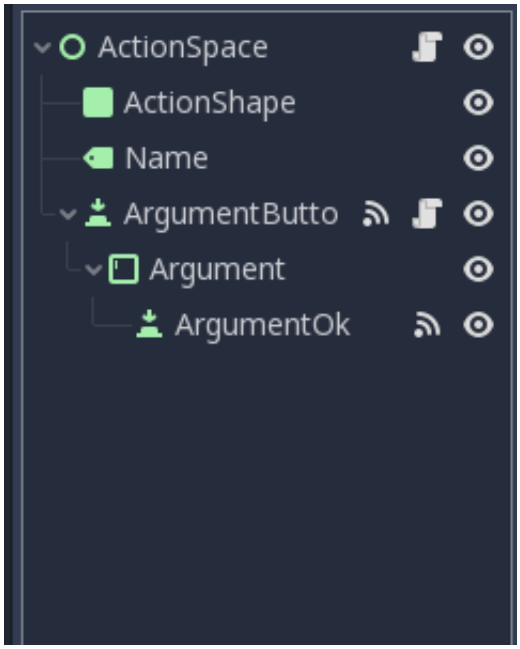


Figura 4.9: *Cena ActionSpace*

Note que, como *MovableActionSpace* é móvel, foi utilizado um nó do tipo Node2D e como *ActionSpace* é fixo, foi utilizado um nó do tipo Control.

A cena *MovableActionSpace* é formada pelos seguintes nós:

- ***ActionSpace*** - Cena que trata dos comandos e argumentos que são posicionados para a execução.
- ***ClickDragArea*** - Área com o ícone da mãozinha, destinada a mover o espaço de ação pela tela.
- ***InputArea*** - Conexões simples de *input*.
- ***OutputArea*** - Conexões simples de *output*.
- ***IfArea*** - Conexão complexa para administrar o comando *if/else*.
- ***ConvergeArea*** Conexão complexa para unir os dois caminhos gerados a partir de um *if/else*.
- ***ActionNumber*** - Indica em qual posição na ordem de processamento que está aquela ação.
- ***OutputChangeButton*** - Área que permite a troca da conexão de saída (*output*)
- ***InputChangeButton*** - Área que permite a troca da conexão de entrada (*input*)
- ***ChangeArea*** - Área que marca em qual momento será feita a troca do valor *input* definido no processo visual.

O *script* atrelado ao nó *MovableActionSpace* torna possível os comportamentos descritos acima, os detalhes de como isso é feito não são relevantes neste momento, por isso não haverá explicação detalhada sobre o código, entretanto os curiosos que quiserem adicionar uma nova conexão simples de *input* devem seguir os passos:

- Seguindo o padrão de nomenclatura, criar um nó *sprite* chamado *NewConnection* e um nó de forma de colisão (*CollisionShape2D*) chamado *NewCollisionShape*, filhos de *InputArea*.
- Definir a forma de colisão do nó *NewCollisionShape*.
- Abrir o *script MovableActionSpace.gd* e adicionar na lista *input_connections* o nome do nó *sprite* que foi criado, seguindo o exemplo:

$$\$InputArea/NewConnection$$

- Ainda no *script MovableActionSpace.gd*, adicionar na lista *input_collisions* uma lista contendo o nome do nó *CollisionShape2D* que foi criado, seguindo o exemplo:

$$[\$InputArea/NewCollisionShape]$$

- Adicionar na lista *input_connected_textures* o caminho que está a imagem referente a nova conexão quando conectada. O DEFAULT_PATH está definido como "res://Accessories/art/", se a imagem estiver neste diretório basta adicionar:

$$DEFAULT\_PATH + ''minha\_nova\_conexao.png''$$

- Adicionar na lista *input_not_connected_textures* o caminho que está a imagem referente a nova conexão quando não conectada. O DEFAULT_PATH está definido como "res://Accessories/art/", se a imagem estiver neste diretório basta adicionar:

$$DEFAULT\_PATH + "minha\_nova\_conexao\_nao\_conectada.png"$$

- Por último basta incrementar o número total de conexões da variável *num_input_connections* e pronto.

Esta sequência de ações pode ser utilizada para criar conexões de saída, basta preencher as respectivas listas que controlam as conexões de *output*.

O motivo das conexões serem tão importantes para este elemento do jogo vai além de só conectar o sistema e permitir sua execução, pois cada espaço de ação possui também duas variáveis chamadas *right_child* e *left_child* que fazem referência a qual outro espaço de ação está conectado a sua conexão de saída, criando a árvore de execução, utilizada pelo *RunEnvironment* e *VisualProcess*.

A árvore de execução permite obter a sequência de ações que o jogador projetou no nível, além disso esta estrutura facilita o comando condicional (*if/else*), o comando de loop e outros comandos que podem ser implementados como subrotinas.

Depois que o sistema está totalmente conectado, podemos criar um esquema da árvore de execução a partir de um sistema gerador da seguinte forma:

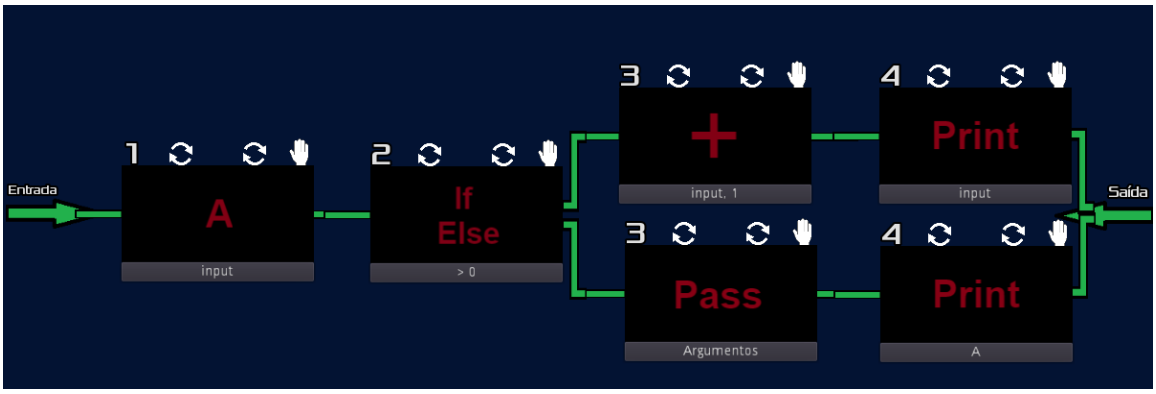


Figura 4.10: *Sistema gerador da Árvore de Execução*

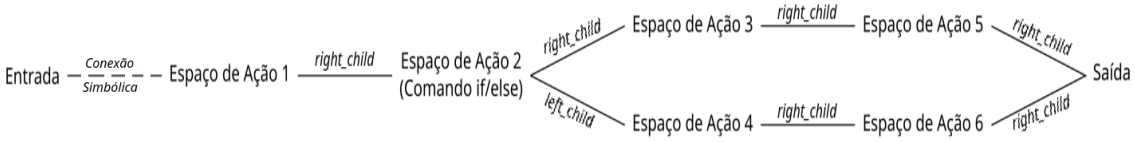


Figura 4.11: *Esquema de Árvore de Execução*

Vale ressaltar três pontos importantes:

- A conexão entre a *Entrada* e o primeiro espaço de ação é apenas simbólica, pois a *Entrada* não possui variáveis *right_child* e *left_child*. Foi escolhida esta representação de imagem para facilitar o entendimento do leitor que a árvore de execução representa o sistema do jogo, embora dentro do código não exista a conexão entre a *Entrada* e o primeiro espaço de ação.
- Os filhos da esquerda, conhecidos como *left_child*, que não foram representados no esquema, para melhorar a apresentação e deixá-lo mais fácil de entender, existem e possuem o valor *null*.
- A numeração do sistema refere-se a ordem que os comandos serão executados, já a numeração do esquema enumera apenas a quantidade de espaços de ação que foram utilizados, portanto as numerações podem diferir.

Agora será dada a exlicação sobre a cena *ActionSpace*, parte fixa do espaço de ação mostrada na figura 3.9, que é composta pelos seguintes nós:

- ***ActionShape*** - Delimita, com um retângulo preto, o espaço ocupado pelo espaço de ação.
- ***Name*** - Coloca o nome "Espaço de Ação"dentro do retângulo preto, pois tutorial faz referências a este item.
- ***ArgumentButton*** - Botão que permite ao jogador abrir a área de preenchimento dos argumentos que serão passados para um comando.
- ***Argument*** - Área de preenchimento dos argumentos, o que for escrito nesta área será passado como argumento para o comando posicionado.
- ***ArgumentOk*** - Quando pressionado fecha a área de preenchimento dos argumentos.

Novamente, vale lembrar que os detalhes de implementação não são relevantes, basta saber que esta cena é considerada um recipiente (*container*) para o inventário e caso um comando esteja posicionado nesta região não será possível movimentar o *MovableActionSpace* pela tela.

Uma consideração a ser feita a respeito dos argumentos serem preenchidos utilizando o teclado é que um menu de seleção com o mouse limitaria as opções do jogador, sendo assim ele poderia testar todas as opções disponíveis até que uma delas funcionasse, indo contra o objetivo do jogo que é ensinar e não apenas terminá-lo. Forçar o usuário a escrever o argumento com o formato pedido faz com que ele se acostume a ler o menu de ajuda ou as mensagens de erro e seguir os padrões que a computação exige, forçando-o a estar ciente do que está fazendo e concluindo o objetivo principal que é facilitar o aprendizado.

4.3 Processo Visual

Dentro dos arquivos do jogo (diretório *Phoenix Rising*) é encontrado na pasta *Visual-Process*. Este processo visual trata da animação que auxilia o jogador a entender o que está acontecendo com os valores do programa durante a execução.

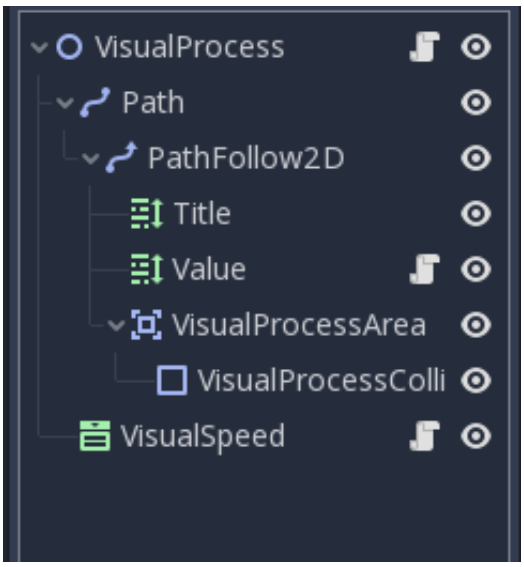


Figura 4.12: *Cena Visual Process*

- ***Path*** - Nó que contém a curva de pontos a ser seguida pela parte visual que aparece na tela.
- ***PathFollow2D*** - Trata dos pontos da curva a ser seguida.
- ***Title*** - Texto de identificação de qual variável a parte visual está mostrando na tela. (neste projeto apenas é mostrado o valor do *Input*)
- ***Value*** - Valor corrente da variável mostrada pelo processo visual que é identificada pelo *Title*.
- ***VisualProcessArea*** - Área definida para se efetuar a mudança dos valores em *Value*, administra alguns parâmetros da colisão.
- ***VisualProcessCollision*** - Área de colisão (utilizada pela *Godot*) definida para identificar o momento de se efetuar a mudança dos valores em *Value*.
- ***VisualSpeed*** - Menu que controla a velocidade que a animação do processo visual será mostrada.

Para entender melhor o processo visual deve-se compreender o básico sobre o funcionamento dos nós *Path* [1] e *PathFollow2D*[2] na *Godot*. O nó *Path* espera receber uma curva de pontos, já *PathFollow2D* pega seu *Path* pai e devolve as coordenadas de um ponto dentro dele, dada a distância do primeiro vértice, sendo útil para fazer outros nós seguirem um caminho, sem codificar o padrão de movimento. Para isso, os nós devem ser descendentes desse nó. Em seguida, ao definir um deslocamento neste nó, os nós descendentes se moverão de acordo.

Seguindo o funcionamento de *Path* e *PathFollow2D* ao instanciar *Title*, *Value* e *VisualProcessArea* como filhos de *PathFollow2D* todos eles irão seguir o caminho da curva

[1] https://docs.godotengine.org/en/3.1/classes/class_path.html
[2] https://docs.godotengine.org/en/3.1/classes/ class_pathfollow.html#class-pathfollow

definida, o que permite movimentar o valor do *Input* pela tela de jogo. Veja abaixo algumas variáveis que são utilizadas no controle deste processo:

```
 6  var starting_pos = null
 7  var finish_pos = null
 8  var start_input = ''
 9  var curve = Curve2D.new()
10  var total_inputs = 0
11  var current_start_input = 0
12  var processed_input = null
13  var CurrentActionNode = null
14
15  var is_exit_sucess = false
```

Figura 4.13: *Variáveis Visual Process*

- ***starting_pos* e *finish_pos*** - demarcam onde o processo visual inicia e onde ele termina, respectivamente.
- ***start_input*** - recebe o valor inicial da entrada.
- ***curve*** - guarda a curva de pontos, que será preenchida conforme a execução do programa.
- ***total_inputs*** - guarda a quantidade de valores que foi fornecido na entrada do programa
- ***current_start_input*** - guarda qual valor da entrada que será processado.
- ***processed_input*** - armazena os valores que se alteram durante a execução e que são exibidos na animação.
- ***CurrentActionNode*** - guarda qual espaço de ação que será executado
- ***is_exit_sucess*** - sinaliza se houve algum erro durante a execução.

A função que possibilita o processo visual executar as modificações no *input* e seguir um caminho na tela é a *_on_MovableActionSpace_change_area_entered* definida no script do nó *VisualProcess*. Esta função é chamada sempre que há colisão entre *VisualProcessCollision* e *ChangeArea*, que está definido no espaço de ação.

Veja abaixo o código:

```
63 func _on_MovableActionSpace_change_area_entered():
64     processed_input = (CurrentActionNode.function).call_func(processed_input[0],
65                         CurrentActionNode.arguments, CurrentActionNode.action_number)
66     if (processed_input[0] == null):
67         is_exit_sucess = false
68         _clear_all_process()
69         emit_signal("end_path")
70     else:
71         if (processed_input[1] == true):
72             CurrentActionNode = CurrentActionNode.right_child
73         else:
74             CurrentActionNode = CurrentActionNode.left_child
75         if (CurrentActionNode == null):
76             _add_next_point(finish_pos)
77         else:
78             _add_next_point((CurrentActionNode.node).global_position)
79     ValueNode.text = str(processed_input[0])
80
```

Figura 4.14: *Função _on_MoveableActionSpace_change_area_entered*

Note que a função *_on_MovableActionSpace_change_area_entered* é chamada sempre que é detectada uma colisão entre um espaço de ação e o *input*, portanto a variável *CurrentActionNode* está armazenando uma referência para o espaço de ação que colidiu.

Iniciando a função, na linha 64, é executado o código do comando que está posicionado dentro do espaço de ação e o novo *input* que foi processado bem como qual o caminho a seguir, serão armazenados na lista *processed_input*.

A lista *processed_input* guarda, na primeira posição (0), o valor resultante da operação do comando posicionado e terá *null* caso algo tenha dado errado, por exemplo um erro na passagem do argumento. O *if*, na linha 66, verifica se algo deu errado na execução do comando. Caso nada de errado tenha acontecido é executado o *else*, na linha 70, que identificará qual será o caminho que o processo visual deverá tomar.

A lista *processed_input* guarda, na segunda posição (1), qual o caminho que deverá ser seguido, caso a posição esteja marcada com *true*, então será seguido o caminho do filho da direita, se o valor for *false*, então será seguido o caminho do filho da esquerda. Para entender esta parte talvez seja necessário relembrar o que significam estes "caminhos"observando novamente a figura 3.11: Esquema de Árvore de Execução, definida na seção "Espaço de Ação".

Depois há a verificação se o processo visual chegou ao fim, na linha 75, ou se há mais algum ponto a seguir, na linha 77-78. Por fim, na linha 79, atualiza-se o texto que aparece na tela para o jogador visualizar.

Note que a execução dos comandos acontece enquanto o processo visual é mostrado na tela, assim o jogador pode acompanhar o andamento do seu programa até que algo de arrado aconteça, facilitando o entendimento de cada comando individualmente e a correçao dos erros que aparecerem.

4.4 Ambiente de Execução

Dentro dos arquivos do jogo (diretório *Phoenix Rising*) é encontrado na pasta *RunEnvironment*. Este ambiente trata de construir o arcabouço para executar o sistema.

As imagens abaixo ilustram os nós que compõem a cena principal, chamada *RunEnvironment.tscn* e as funções que estão definidas no script *RunEnvironment.gd* atrelado ao nó principal.

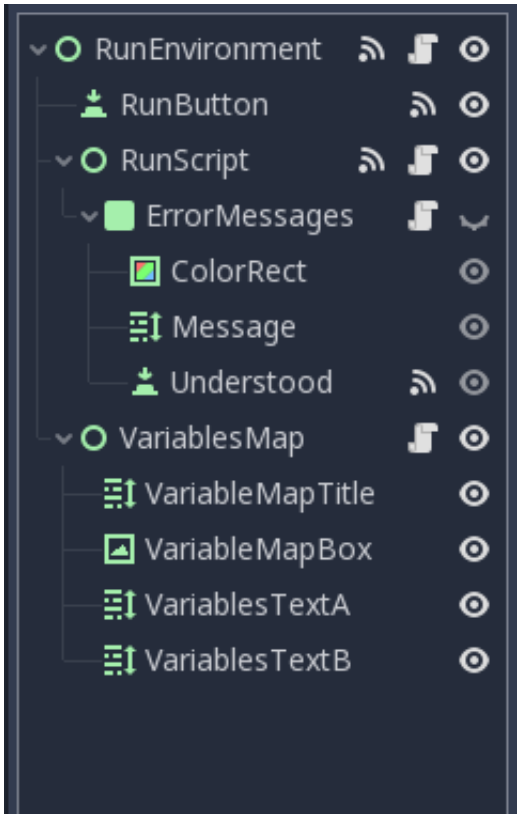


Figura 4.15: *Árvore da cena RunEnvironment*

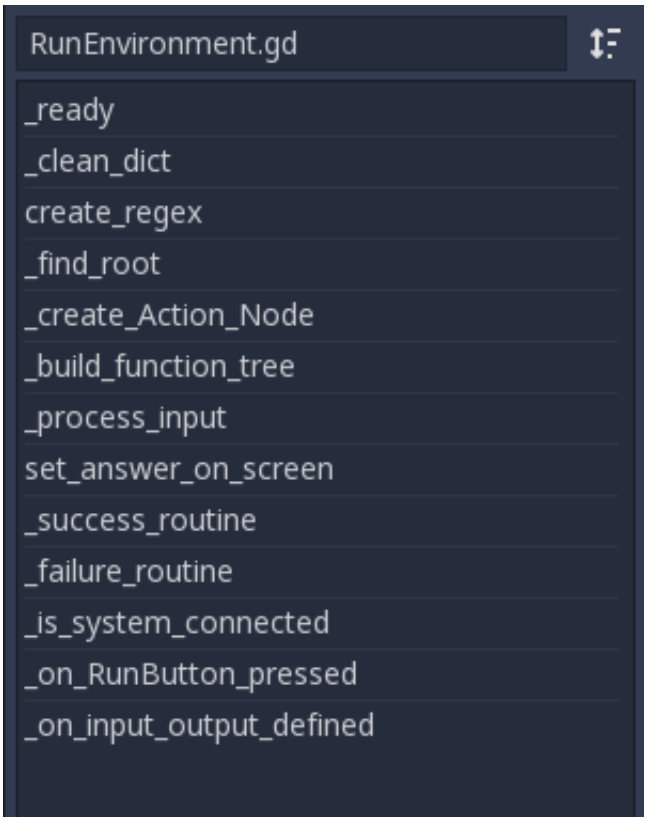


Figura 4.16: *Funções de RunEnvironment.gd*

- ***RunButton*** - Botão que, ao ser pressionado, faz com que inicie uma tenteativa de executar o sistema.
- ***RunScript*** - Carrega o script *RunScript.gd*, neste *script* estão as funções de comportamento dos comandos.
- ***ErrorMessages*** - Espaço definido para a mensagem de erro.
- ***ColorRect*** - Dá cor ao espaço destinado as mensagens de erro.
- ***Message*** - Texto da mensagem de erro.
- ***Understood*** - Botão que permite fechar a mensagem de erro e dar sequência ao jogo.
- ***VariablesMap*** - Carrega o script *VariablesMap.gd*, neste *script* estão as funções que

dão comportamento ao mapa de variáveis.

- ***VariablesMapTitle*** - Título do mapa de variáveis.
- ***VariablesMapBox*** - Textura destinada ao mapa de variáveis.
- ***VariablesMapTextA*** - Texto da valoração da variável A.
- ***VariablesMapTextB*** - Texto da valoração da variável B.

Depois de definir algumas variáveis como o texto do mapa de variáveis e qual a saída esperada esta cena estará pronta para exercer seu papel mais importante: **Iniciar a tentativa de execução do sistema**.

Inicialmente será apenas uma tentativa, pois o sistema pode não estar devidamente conectado, impedindo o início da execução ou algum comando pode resultar em erro, interrompendo a execução. A ocorrência de ambas as opções será explicada a seguir.

Note a função que é chamada assim que o botão **Rodar!**, definido pelo nó *RunButton*, é pressionado.

```
108 func _on_RunButton_pressed():
109     emit_signal("attempt_to_run")
110     var PlayerOutput = get_parent().get_node("InputOutput/OutputBase/PlayerOutput")
111     PlayerOutput.clear()
112     _clean_dict()
113     if (_is_system_connected(_find_root())):
114         var was_sucessfull = yield(_process_input(input_list), "completed")
115         if (was_sucessfull):
116             var answer_string = PlayerOutput.text
117             if (answer_string == output):
118                 _success_routine()
119             else:
120                 _failure_routine()
121         else:
122             _failure_routine()
123
```

Figura 4.17: *Função do botão* ***Rodar!***

O sinal emitido na linha 109 serve para armazenar a pontuação no momento em que o botão é pressionado, assim o jogador ganha os pontos independentemente de quanto tempo a animação durou. As linhas 110 a 112 limpam o que estava escrito anteriormente na saída do jogador e no mapa de variáveis, para iniciar a nova execução.

A verificação se o sistema está conectado é feita pela função *_is_system_connected* que recebe a raíz da árvore de execução e verifica se para todos os espaços de ação que fazem parte do sistema existe um caminho que o liga com a saída, sendo que não é válido passar mais de uma vez pela mesma conexão.

Veja as figuras abaixo que ilustram um sistema não conectado.

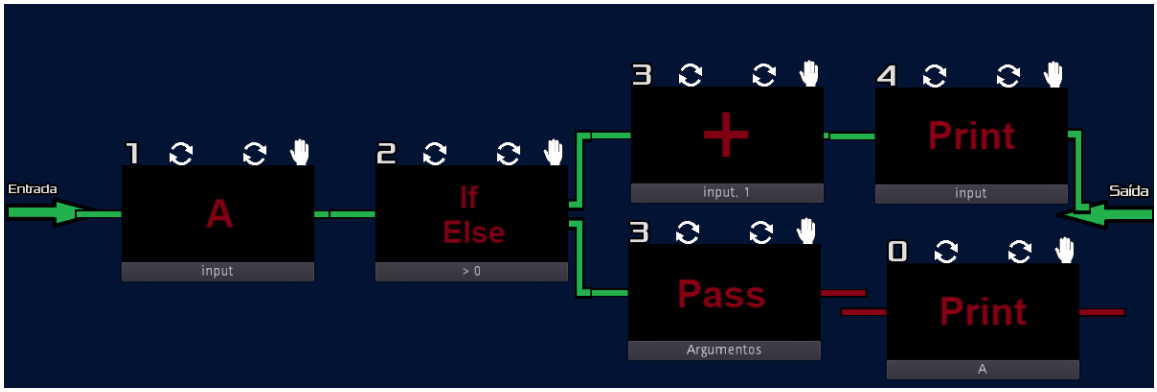


Figura 4.18: *Sistema gerador da Árvore de Execução não Conectada*

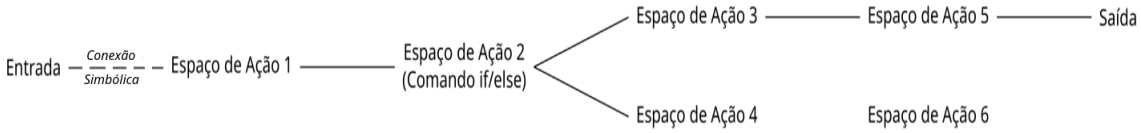


Figura 4.19: *Esquema de Árvore de Execução não Conectada*

Note que o espaço de ação 4 faz parte do sistema, pois existe a conexão (caminho) entre a entrada e ele, porém não está conectado com a saída, pois não existe um caminho que o ligue com a saída sem repetir uma conexão. Note também que o espaço de ação 6 não faz parte do sistema, uma vez que não existe conexão entre ele e a entrada, portanto não é necessário que ele esteja conectado com a saída.

Caso seja possível executar o sistema a função que faz o processamento do *input* será chamada. Veja abaixo:

```
71 func _process_input(input_list):
72     var CurrentNode = _find_root()
73     var function_tree = _build_function_tree(CurrentNode)
74     for input in input_list:
75         emit_signal("visual_process_arguments", input, function_tree)
76         yield(get_parent().get_node("VisualProcess"), "end_path")
77         if (not get_parent().get_node("VisualProcess").is_exit_sucess):
78             return false
79     return true
80
```

Figura 4.20: *Função _process_input*

Primeiro deve-se encontrar em qual espaço de ação a árvore de execução se inicia (linha 72), depois monta-se a árvore de execução completa (linha 73), por fim a função irá repetir os comandos das linhas 75 a 78 para cada valor definido no *input*.

Para processá-los a linha 75 emite o sinal *visual_process_arguments* para o processo visual, no *script* do processo visual a função chamada por este sinal recém enviado, *_on_RunEnvironment_visual_process_arguments*, preenche os pontos na curva referentes aos espaços de ação que estão na árvore de execução e inicia a animação que aparece na tela.

Depois de iniciada a animação o processo visual irá tratar de executar os scripts referentes aos comandos que foram posicionados. Enquanto isso a função *_process_input* estará esperando que o processo visual envie o sinal *end_path*, marcando o fim do processo visual, para prosseguir sua execução.

Depois de receber o sinal, a função *_process_input* irá verificar se o sistema foi executado sem erros ou não e devolver *true* caso o sistema tenha sido executado com sucesso ou *false* caso contrário.

Este valor devolvido por *_process_input* será armazenado na variável *was_sucessfull*, localizada na linha 114 da função *_on_RunButton_pressed*, servindo como verificação se o sistema foi executado com sucesso ou não. Caso o sistema tenha sido executado com sucesso a rotina *_sucess_routine* será chamada, adicionando os pontos para o jogador, fazendo o retângulo de saída piscar em verde e mostrando o botão que permite ao jogador ir para o próximo nível. Caso o sistema não tenha sido executado com sucesso a rotina *_failure_routine* será executada, piscando o retângulo de saída em vermelho.

Portanto, sempre que o botão ***Rodar!*** é pressionado estas subrotinas serão chamadas e tentarão executar o sistema.

4.5 Comandos do Jogo

Dentro dos arquivos do jogo (diretório *Phoenix Rising*) a declaração de quais comandos serão disponíveis é encontrada na pasta *GenericGameScenes* no script *ItemDB.gd*, já os comportamentos de cada comando estão no script *RunScript.gd* localizado dentro da pasta *RunEnvironment*.

Para entender como foi estruturado o gerenciamento dos comandos do jogo é importante saber que o script *ItemDB.gd* é um *singleton* e é carregado antes mesmo que a cena atual se inicie, portanto todas as cenas do jogo podem acessar o conteúdo definido nele. Além disso a declaração de cada comando, feita em *ItemDB.gd*, deve conter informações importantes a respeito dele, estas informações são:

- Caminho do ícone referente ao comando, para que as cenas o renderizem na tela.
- Texto de ajuda para ser exibido na tela caso o jogador solicite.
- Nome da função que implementa o comportamento do comando.

Abaixo está ilustrado uma parte das declarações dos comandos, note que cada comando possui todas as informações importantes citadas acima.

```
3  const ICON_PATH = "res://Accessories/art/"
4  const ITEMS = {
5      "soma": {
6          "icon": ICON_PATH + "soma.png",
7          "help": "Comando de Soma\nUtilizado para somar dois valores.
8          "funcName": "execute_soma"
9      },
10     "subtracao": {
11         "icon": ICON_PATH + "subtracao.png",
12         "help": "Comando de Subtração\nUtilizado para subtrair dois v
13         "funcName": "execute_subtracao"
14     },
15     "multi": {
16         "icon": ICON_PATH + "multi.png",
17         "help": "Comando de Multiplicação\nUtilizado para multiplicar
18         "funcName": "execute_multi"
19     },
```

Figura 4.21: *Parte do Script de Declaração dos Comandos*

Para o melhor entendimento desta parte é importante saber um pouco sobre o que é um dicionário. Basicamente um dicionário é uma forma de estruturar os dados em que um elemento é chamado de chave e o outro elemento é chamado de valor. Nele as chaves são únicas e os valores podem se repetir, estes dois elementos formam um par e ficam atrelados, sendo assim é fácil obter o valor associado a uma chave apenas utilizando o elemento chave. O necessário para esta seção é entender que, em um dicionário, podemos utilizar o elemento chave para obter facilmente o elemento valor associado.

Na imagem acima a variável *ITEMS* declarada na linha 4 é um dicionário e irá armazenar todos os nomes dos comandos, portanto a chave no dicionário *ITEMS* será a *string* que identifica o comando e o valor desta chave será outro dicionário que armazena as informações referentes ao comando em questão. Desta forma é possível acessar facilmente todas as informações importantes de um comando apenas sabendo a *string* de seu nome.

Para recuperar as informações importantes de um comando específico é utilizado o mesmo conceito de chave e valor, porém as chaves serão: *icon*, *help* e *funcName*.

A única função que está declarada neste script chama *get_item*, ela recebe o identificador do comando, que no caso será o nome dele, e devolverá o dicionário que contém as informações importantes dele. Foi criado um comando chamado "error"que será devolvido pela função *get_item* caso o elemento procurado não exista, evitando assim que o programa quebre em situações que algo deu errado.

```
54 func get_item(item_id):
55     if item_id in ITEMS:
56         return ITEMS[item_id]
57     else:
58         return ITEMS["error"]
```

Figura 4.22: *Função get_item*

Agora que os conceitos sobre como os comandos são declarados foram explicados é possível entender como o resto do programa utiliza o que foi definido.

Todos os níveis possuem um *script* atrelado ao nó principal da cena, neste *script* exite uma variável chamada *pickup_item_list* que serve para armazenar quais os comandos que serão disponíveis em tal nível. No exemplo abaixo estarão disponíveis os comandos de subtração e de *print*.

```
10  #List of items to be picked up (write one name for each position
11  #it will be picked up 1 item for each name position)
12  var pickup_item_list = ["subtracao", "print"]
```

Figura 4.23: *Exemplo de pickup_item_list*

Esta lista de itens é passada para o *script* do nó *Inventory* que utilizará a função *pickup_item* para colocar cada comando na área de comandos e fazê-lo aparecer na tela, note que foi utilizado a chave *icon*.

```
90 func pickup_item(item_id):
91     var item = item_base.instance()
92     item.set_meta("id", item_id)
93     item.texture = load(ItemDB.get_item(item_id)["icon"])
94     add_child(item)
95     if !grid.insert_item_at_first_available_spot(item):
96         item.queue_free()
97         return false
98     return true
```

Figura 4.24: *Função pickup_item*

Depois disso o comando estará disponível para ser utilizado, sua mensagem de ajuda, chamada *help*, será exibida sempre que o jogador clicar, com o botão direito do mouse, sobre ele ou quando houver algum erro durante a execução do programa devido a sua má utilização.

A última informação importante de um comando é chamada *funcName* e guarda o nome da função que implementa o comportamento dele. Os comportamentos dos comandos estão definidos em *RunScript.gd* e são utilizados durante a execução do programa que foi criado.

Quando o jogador tenta executar o programa que foi criado a função *_process_input* chama *_build_function_tree* que cria uma árvore com referências para os métodos que definem o comportamento de cada item, nesta parte é utilizado o valor em *funcName*. Construída a árvore, ela será utilizada pelo *visual_process* enquanto a animação for mostrada na tela. Desta forma é possível executar a função correspondente ao comando durante o processo de execução.

Um usuário que queira criar um novo comando só precisará preencher corretamente o arquivo *ItemDB.gd* seguindo o modelo e implementar o comportamento do comando em *RunScript.gd*.

4.6 Ajuda ao Usuário

Dentro dos arquivos do jogo (diretório *Phoenix Rising*) é encontrado na pastas *Users-Guide* e em *GenericGameScenes*.

Estas cenas formam o conjunto de ajuda ao usuário. Nelas está definido a caixa de diálogo, utilizada para guiar o usuário nos primeiros níveis e o painel de ajuda que aparece na tela quando o jogador solicita mais informações sobre um determinado comando.

A caixa de diálogo exibe mensagens no início do nível dando uma sequência de instruções para que o jogador consiga completar o nível mais facilmente. É claro que nem sempre essas mensagens irão guiar totalmente o jogador, deixando o desafio totalmente nas mãos dele.

Abaixo está um exemplo de mensagem da caixa de diálogo. Esta é uma mensagem que aparece bem no início do jogo e está ensinando o jogador como fazer para que seja possível rodar o programa criado.

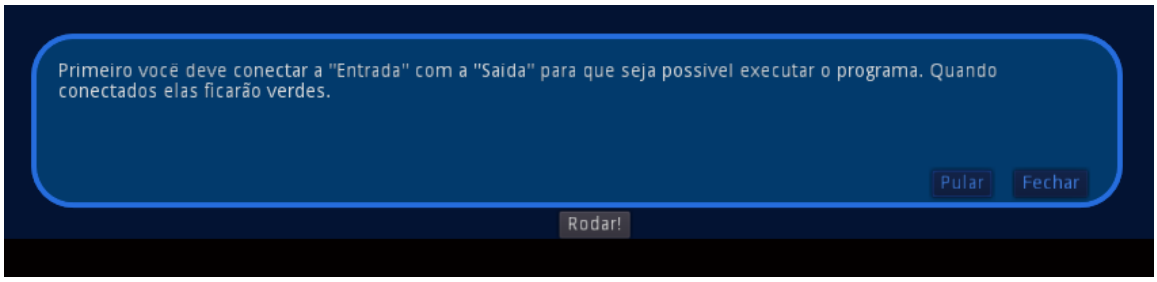


Figura 4.25: *Exemplo de mensagem da caixa de diálogo*

O painel de ajuda aparece ao clicar, com o botão direito, sobre o comando que deseja obter as informações de ajuda. Nele o jogador pode conferir o que o comando faz, quais argumentos que ele deve receber e seu modo de utilização.

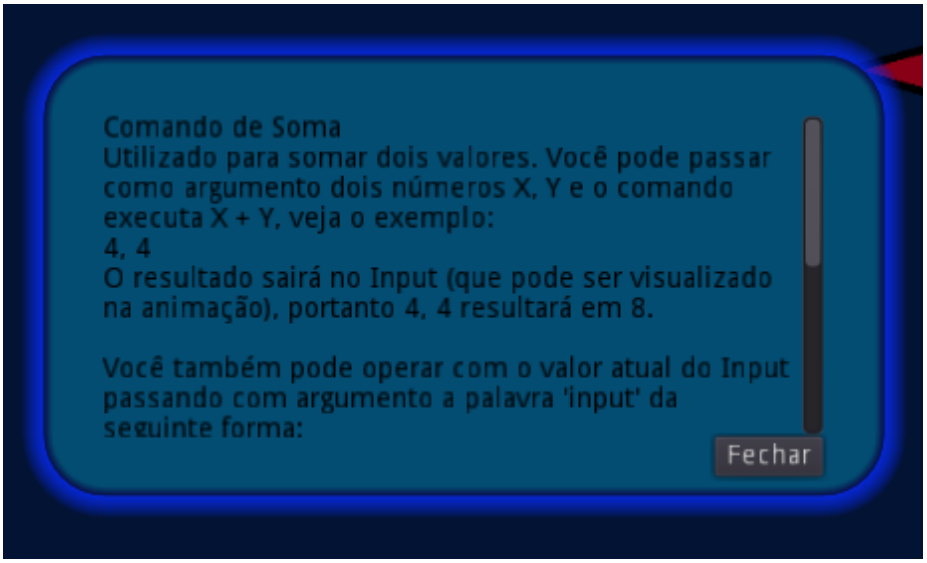


Figura 4.26: *Exemplo de painel de ajuda*

Como as mensagens da caixa de diálogo devem ser personalizadas para cada desafio, existe uma cena no diretório *UsersGuide* chamada *UsersGuide.tscn* que pode ser instanciada em cada nível. Neste mesmo diretório existe um *script* chamado *UsersGuide.gd* que é um modelo para criar as mensagens de guia. Portanto, para personalizar as mensagens basta instanciar a cena *UsersGuide.tscn* no nível desejado e atrelar a ela um novo *script*, seguindo o modelo em *UsersGuide.gd*. Por padrão o nome do novo *script* é sempre o nome do nível concatenado com a palavra "Guide", ou seja, se o nível chama "NivelX"o nome do script será *NivelXGuide.gd*.

A personalização do painel de ajuda para cada comando é feita preenchendo o campo *help* ao criá-lo no *ItemDB.gd*.

4.7 *Gamification*

Dentro dos arquivos do jogo (diretório *Phoenix Rising*) é encontrado na pasta *Gamification*. Essa pasta contém as cenas e *scripts* que gerenciam a transformação da plataforma de ensino em um jogo, ou seja, gerenciam o processo de *gamificação*.

Cada nível possui um nó *Gamification* que irá gerenciar o sistema de pontuação do jogador além de controlar se o jogador já terminou aquele nível alguma vez durante a sessão de jogo.

Foi implementado apenas a *gamificação* básica, isto é, em *Phoenix Rising* existe apenas o sistema de pontuação. Entretanto melhorias podem ser feitas como bônus por número total de tentativas, troca de pontos por dicas em níveis difíceis, entre outros chamativos que um jogo pode proporcionar. Adicionar novas características de jogo seria um início interessante para quem gostaria de aprender programação alterando código, pois além da criatividade, é necessário dominar certas estruturas de dados.

4.8 Nível Base

Dentro dos arquivos do jogo (diretório *Phoenix Rising*) é encontrado na pasta *BaseLevel*. Dentro dessa pasta está um modelo de nível para ajudar alguém que queira construir seu próprio desafio.

A imagem abaixo ilustra os nós que compõem o nível base, nela é possível entender sobre a organização dos nós na criação de um novo desafio.

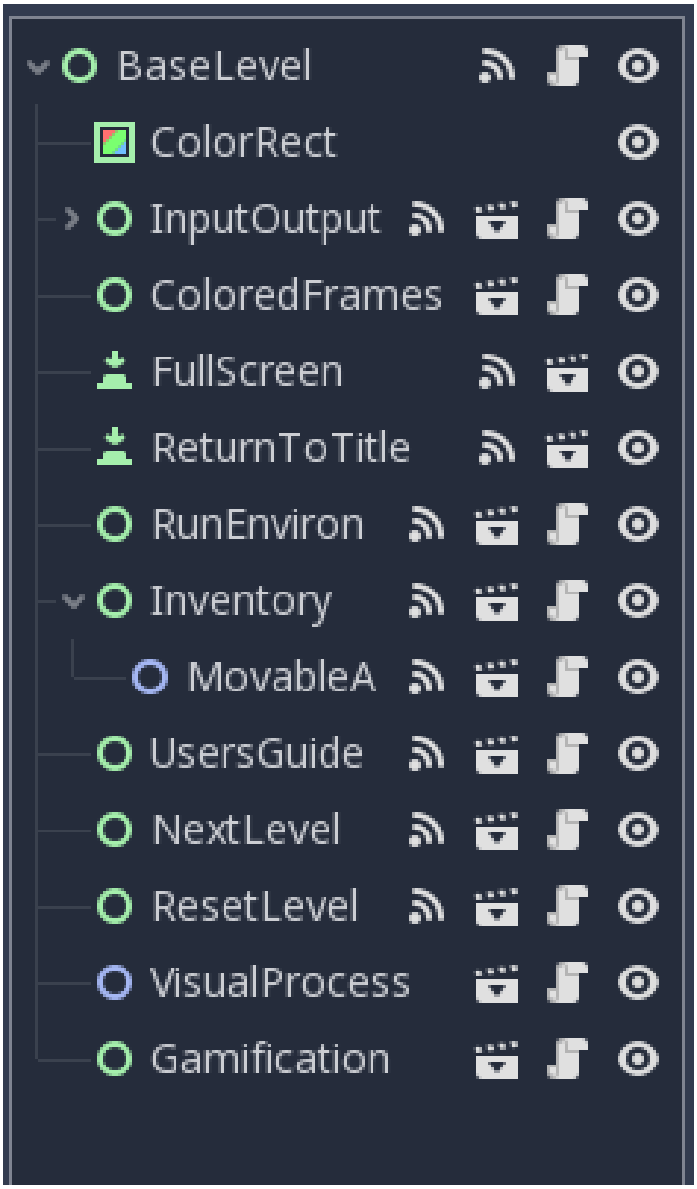


Figura 4.27: *Exemplo de nível base*

Para os interessados em criar um novo nível essa cena é muito útil, pois ao abri-la utilizando a *Godot Engine* é possível clicar em cada nó para ver o destino de cada sinal que é emitido por ele e qual a função que trata o recebimento de tal sinal.

Como as cenas mais importantes do jogo já foram explicadas , neste ponto basta entender como os sinais se conectam no nível base, copiar o diretório *BaseLevel* e renomeá-lo (incluindo os arquivos dentro dele) seguindo o padrão "LevelX", depois pode-se editar o desafio a vontade.

Para conectar o novo nível à sequência de jogo deve-se utilizar a função *_on_NextLevel_next_level* definida em cada *script* atrelado ao nó principal do nível. Se quiser adicionar o nível na tela de seleção é só checar o diretório *LevelSelection* e seguir os modelos.

Capítulo 5

Considerações Finais

Neste capítulo estarão descritas as dificuldades enfrentadas durante a criação do projeto e algumas ideias para futuras implementações.

5.1 Usuários e o Tutorial

Inicialmente o jogo contava com apenas um nível de tutorial, os demais níveis eram desafios em que o jogador estaria sozinho. Neste único nível inicial eram exibidas todas as informações que o jogador precisaria para jogar, desde como montar o sistema até a forma de funcionamento dos comandos. Para evitar um tutorial demasiado longo e que dificultasse a memorização foi utilizada uma linguagem tecnica e concisa.

A primeira experiência com um jogador leigo foi desastrosa. A linguagem técnica dificultou muito o entendimento, apenas quem já conhecia programação há algum tempo entendia a ideia do jogo. O tamanho do tutorial também dificultou o entendimento, pois era passada muita informação de uma só vez.

Houve a primeira refatoração do tutorial, tentando fazer analogia entre a ideia do jogo e a confecção de um bolo. Os comandos de ajuda de cada comando faziam referência ao processo de criação de um bolo, por exemplo, a soma era comparada a adicionar ingredientes, os dados de entrada eram os ingredientes iniciais e a saída esperada era o sabor de bolo a ser feito.

Apesar de ter melhorado um pouco do entendimento por parte de um leigo, a quantidade de informação em apenas um nível de tutorial atrapalhava o entendimento e impossibilitou que a curva de aprendizado fosse satisfatória, para completar o único nível de tutorial foram necessários aproximadamente 20 minutos, lendo o menu de ajuda e entendendo as mensagens de erro.

Surgiram algumas sugestões de melhorias que eram focadas em modificar as imagens dos comando, por exemplo, mudar os números de entrada para imagens de ingredientes e modificar a saída esperada para a imagem de um bolo. Apesar de parecer interessante, já existem diversos jogos com esse estilo e muito difícilmente um jogador consegue

compreender a relação que existe entre a montagem de um sistema que confecciona um bolo utilizando imagens e uma sequência de instruções em um código de computador sem ser induzido a isso.

Como *Phoenix Rising* tem o objetivo de ensinar conceitos de programação foi decidido manter os comandos o mais próximo do que é utilizado em linguagens de alto nível e dados de entrada e saída que fossem compatíveis com os que são utilizados em tutoriais que introduzem as ideias básicas de programação, facilitando a relação entre o jogo e um *script* que automatiza alguma tarefa.

A segunda refatoração, portanto, dividiu o tutorial em vários níveis, tentando ensinar ao jogador uma ideia de cada vez, ou seja, o primeiro tutorial ensina a conectar o sistema, o segundo a mudar as conexões, o terceiro a utilizar o primeiro comando e assim por diante. Foi abolida a analogia com o bolo e a linguagem, apesar de não ser muito técnica, tentou não se distanciar do que é utilizado no dia a dia de quem já tem certa experiência com programação, pois conhecer os termos técnicos e o modo matemático de se expressar também é importante no aprendizado de computação.

Após a segunda refatoração o tutorial foi muito mais efetivo para um leigo (cada indivíduo leigo jogou o jogo sem nenhuma informação prévia e apenas uma vez, portanto o aprendizado foi exclusivamente pela experiência com o tutorial), as imagens que ilustram o que é pra ser feito ajudaram bastante e tornaram *Phoenix Rising* jogável.

5.2 Refatorações do Código

Fazer a refatoração é muito importante para manter a qualidade do código e esse processo foi repetido em diversos momentos durante a criação do jogo. Todavia essa seção irá tratar de uma refatoração específica que mudou a estrutura do projeto e permitiu que a animação mostrada na tela aconteça em tempo de execução.

No início da implementação havia apenas os comandos sequenciais, ou seja, apenas as operações que não geram desvio. Para tratá-las primeiro era armazenado em uma lista todos os comandos do programa criado pelo jogador e, antes da animação ocorrer, os dados de entrada eram processados por cada um deles. Em outra lista era armazenado o resultado depois da operação de cada comando e essa lista era passada para o processo visual exibir na tela.

Da forma que estava o jogador não conseguia ver o momento exato do erro, já que todo o programa criado era verificado antes mesmo da animação iniciar, o que acabava dificultando muito o aprendizado. Ao tentar criar o comando condicional a idea de criar uma árvore de execução surgiu, afinal havia a necessidade de utilizar uma estrutura de dados que permitisse mapear com facilidade as bifurcações.

Criar a árvore de execução envolveu mudanças em vários arquivos, além de mudanças nos argumentos recebidos por funções. Entretando essas mudanças fizeram com que o comando condicional pudesse existir, abriram possibilidade para inserir mais comandos que fazem operações não sequenciais e facilitaram o trabalho do processo visual para exibir a animação durante a execução do programa.

Mesmo sem entrar em detalhes de como foram feitas essas modificações para criar a árvore de execução é válido notar a importância de dispor tempo para refatoração e pensar em melhorias para o projeto, pois sem esse momento o código ficaria ruim e tornaria muito difícil a contribuição de terceiros, além de atrasar o próprio desenvolvimento.

5.3 Trabalhos Futuros

Phoenix Rising possui o arcabouço que permite a inserção de várias melhorias, como novos comandos, novas conexões e o aperfeiçoamento dos aspectos de jogo (*gamification*).

Pelo que já foi explicado em capítulos anteriores a inserção de novas conexões é trivial, entretanto alguns comandos seriam interessantes, as ideias gerais sorbe eles são:

- Alocação de memória - Um comando como esse poderia contar com alguma imagem que mostrasse para o jogador qual espaço que foi alocado e poderia ser feito com base no comando "variável"trocando a variável simples por uma lista.
- Repeat - Um comando de loop poderia ser feito utilizando o filho esquerdo do espaço de ação e um contador de repetições.
- Funções - Criar um comando que permite definir uma função é mais sofisticado, mas permitira ao jogador aprender sobre escopo.

  Para criá-lo talvez seja preciso definir um novo comando em *itemDB.gd*, chamado Func, que funcione como apelido para uma sequência de comandos. Então deve-se definir uma forma do jogador criar a sequência de comandos que corresponderá a Func, talvez até uma janela extra na tela de jogo (popup).

Estas ideias apenas ilustram o potencial de crescimento do jogo e os possíveis caminhos para implementar tais ideias mostram que seria factível.

Outro ponto a ser explorado é a *gamificação*. No momento o jogo conta apenas com o sistema de pontos simples, porém poderia ser implementado um sistema que permitisse ao jogador comprar dicas para cada nível com os pontos obtidos, melhorar a função que calcula a pontuação (no momento é uma função linear) ou até mesmo criar um sistema que permitisse compartilhar soluções entre amigos em troca de pontos, parecendo um sistema de ajuda entre a comunidade.

O design do jogo também pode ser melhorado, desde a paleta de cores até o *leve design*,[1] já que os quebra cabeças estão muito simples e os desafios criados não necessitam que o jogador utilize muitos comandos para terminá-los.

[1]Level design é uma parte do desenvolvimento de jogos eletrônicos. Envolve a criação de um nível, campanhas e missões. Level design é também um processo artístico e técnico

Capítulo 6

Conclusão

No ponto atual, *Phoenix Rising* conseguiu unir uma plataforma de ensino com elementos de jogo, tornando-se mais atrativo para pessoas que queiram encaixar o aprendizado da programação no dia a dia.

O jogo não só auxilia iniciantes em computação a entender melhor o que está acontecendo com a entrada a cada comando, facilitando o aprendizado nos primeiros meses, como também é uma boa forma do estudante intermediário se familiarizar com certas estruturas que foram utilizadas no código, por exemplo, árvores, listas, dicionários, bem como alguns algoritmos como busca em largura em uma árvore.

É importante ressaltar também que a continuação do projeto foi facilitada, já que o código foi pensado com esse propósito. Sendo assim é possível afirmar que o jogo *Phoenix Rising* alcançou o objetivo para o qual foi desenvolvido.

Capítulo 7

Bibliografia

https://docs.godotengine.org/en/3.1/

Lewis, M., & Jacobson, J. (2002). Game engines. Communications of the ACM, 45(1), 27.

Moratori, P. B. (2003). Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem. UFRJ. Rio de Janeiro.

Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in education: a systematic mapping study. Educational Technology & Society

Oliveira, M. D., Souza, A. D., Ferreira, A., & Barbosa, E. F. S. B. (2014). Ensino de lógica de programação no ensino fundamental utilizando o Scratch: um relato de experiência. In XXXIV Congresso da SBC-XXII Workshop de Ensino de Computação, Brasılia. sn

França, R. D., Silva, W. D., & Amaral, H. D. (2012). Ensino de ciência da computaçao na educaçao básica: Experiências, desafios e possibilidades. In XX Workshop sobre Educação em Computação (p. 4).