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

Jogo Estilo Puzzle Facilitador de Aprendizado dos Conceitos Básicos de Programação

Mateus Agostinho dos Anjos

Monografia Final

mac 0499 — Trabalho de Formatura Supervisionado

Supervisor: Prof. Dr. Marco Dimas Gubitoso

São Paulo
2 de novembro de 2019

Agradecimentos

Eu poderia agradecer algumas pessoas aqui.

Resumo

Mateus Agostinho dos Anjos. **Jogo Estilo Puzzle Facilitador de Aprendizado dos Conceitos Básicos de Programação**. Monografia (Bacharelado). Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

O resumo está sendo produzido.

Palavras-chave: Palavra-chave1. Palavra-chave2. Palavra-chave3.

Lista de Abreviaturas

IME	Instituto de Matemática e Estatística
USP	Universidade de São Paulo

Lista de Símbolos

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Programas

Sumário

Anexos

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* 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.

1.2 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 Objetivo Dentro do Jogo

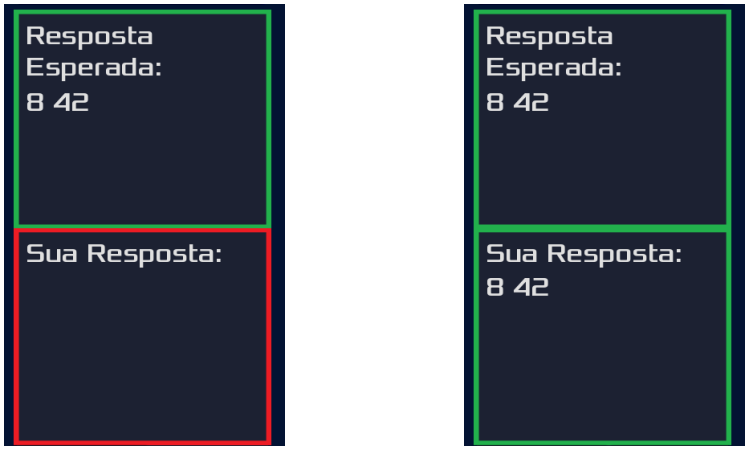
Para que seja mais fácil entender o projeto como um todo, esta seção explicará o objetivo que o jogador deve alcançar ao jogar *Phoenix Rising*. A imagem abaixo exemplifica um nível do jogo.

Figura 1.1: *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 1.2: *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 1.3: *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 1.4: *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 1.5: *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.

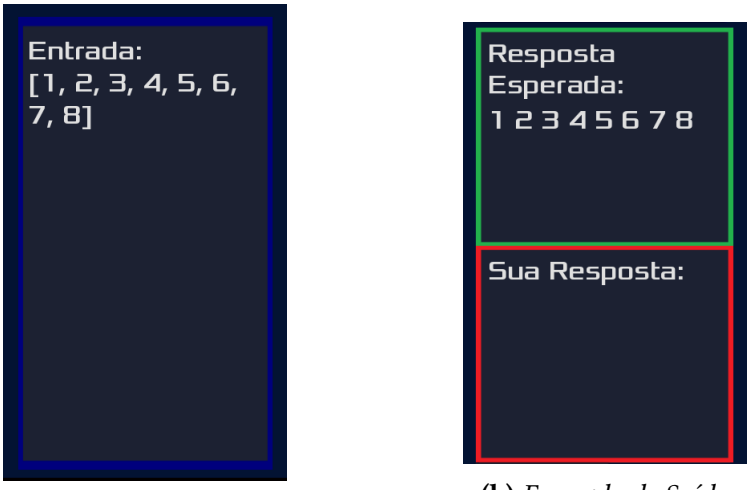
Portanto o objetivo final de *Phoenix Rising* é completar o maior número de níveis no menor tempo possível para maximizar o somatório de pontos. Para isso o jogador deve aprender a mecânica de jogo, o que e como cada comando executa sua instrução e como montar o quebra cabeça dos diferentes níveis.

1.4 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.

1.4.1 Entrada e Saída

Estes termos são recorrentes na computação e geralmente são chamados de *Intput* e *Output* 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.



(a) *Exemplo de Entrada*

(b) *Exemplo de Saída*

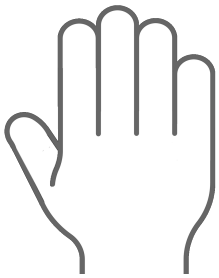
Figura 1.6: *Entrada e Saída*

1.4.2 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 1.7: *Um espaço de ação*

O jogador pode movimentar o espaço de ação ao clicar no ícone de arrastar, modificar as conexões de entrada e saída ao clicar nos ícones de troca de conexões, verificar qual a posição do espaço de ação na sequência de operações e preencher os argumentos necessários para os diferentes comandos, além de posicionar o comando a ser utilizado no respectivo espaço de ação.



(a) *Ícone de arrastar não pressionado*

(b) *Ícone de arrastar pressionado*

Figura 1.8: *Ícones de arrastar*

(a) *Ícone de trocas de conexões*

(b) *Posição na ordem de ações (1)*

Figura 1.9: *Troca de Conexão e Posição da Ação*

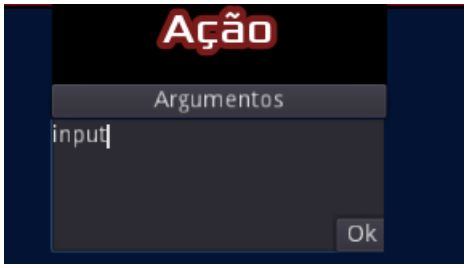


Figura 1.10: *Espaço para Argumentos*

Além de utilizar estes comandos que estão dentro do espaço de ação o jogador deve posicionar o comando desejado dentro do espaço preto, da seguinte forma:

Figura 1.11: *Espaço de Ação com Comando*

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.

1.4.3 Inventário e Comandos

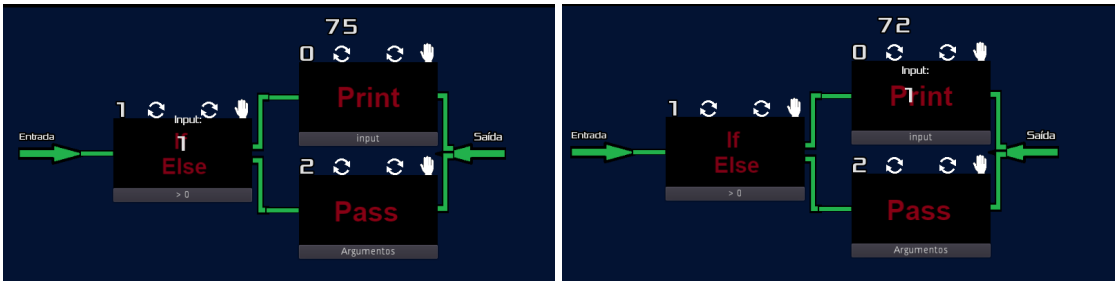
Um comando é uma ação que processa o dado de uma forma específica de acordo com os argumentos que recebe, portanto todo comando possui nome e uma função. Os comandos do jogo estão em vermelho na imagem abaixo.

Figura 1.12: *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.

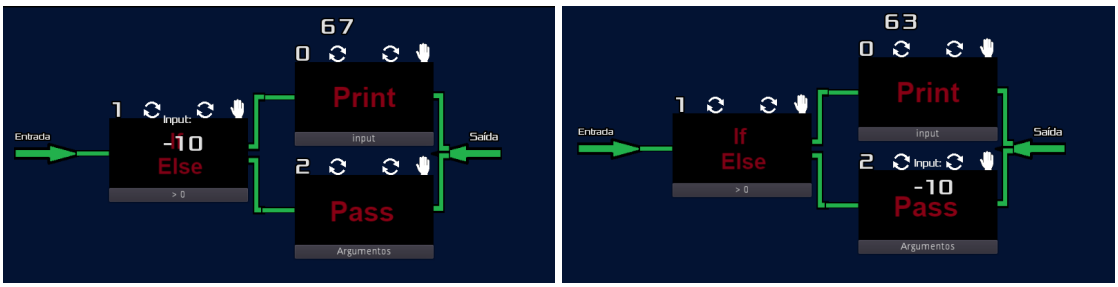
O quarto comando da sequência, chamado *Print*, escreve na saída "Sua Resposta"o valor do *Input* ou de uma variável do programa, dependendo de qual argumento passado.

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 1.13: *Processo visual para If*



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

Figura 1.14: *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.

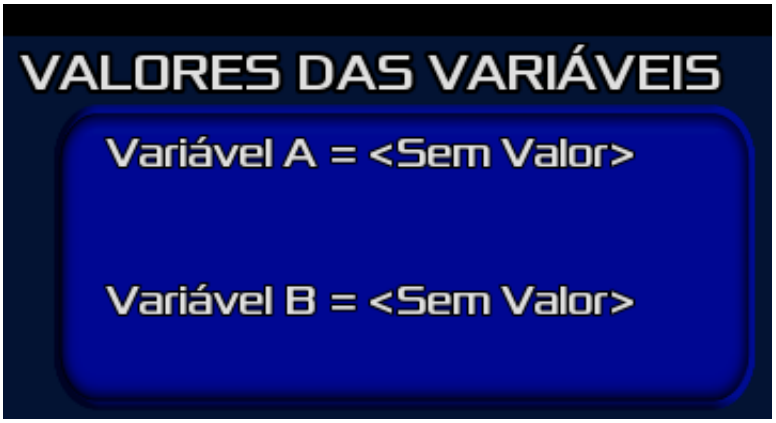


Figura 1.15: *Valores das Variáveis*

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 1.16: *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*.

1.5 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 Entrada esteja conectada com a Saída.

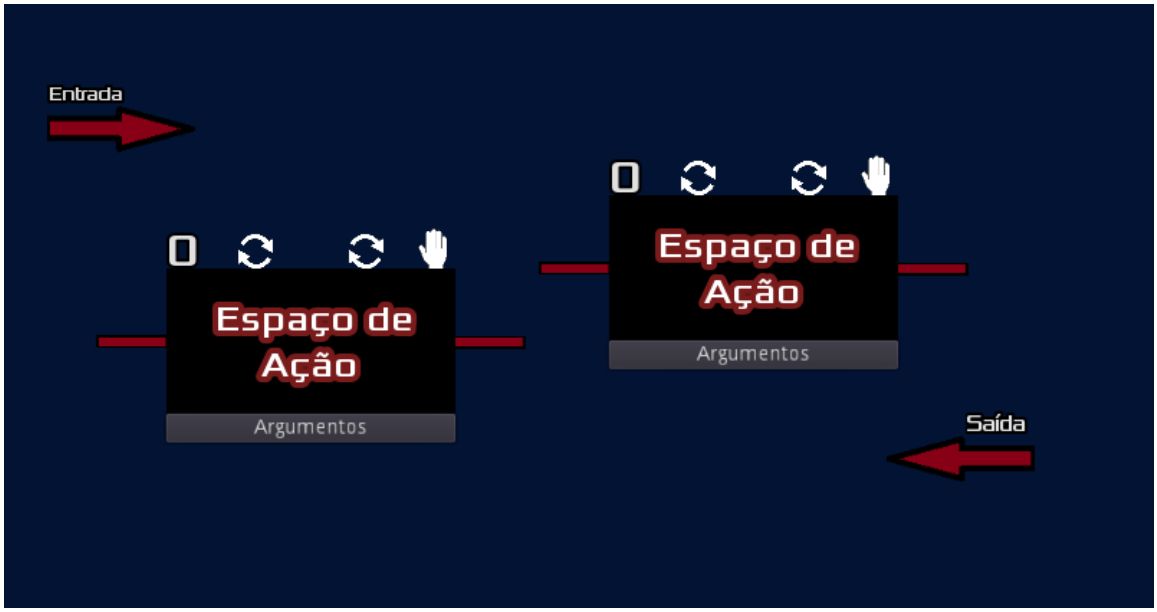


Figura 1.17: *Jogo não conectado*

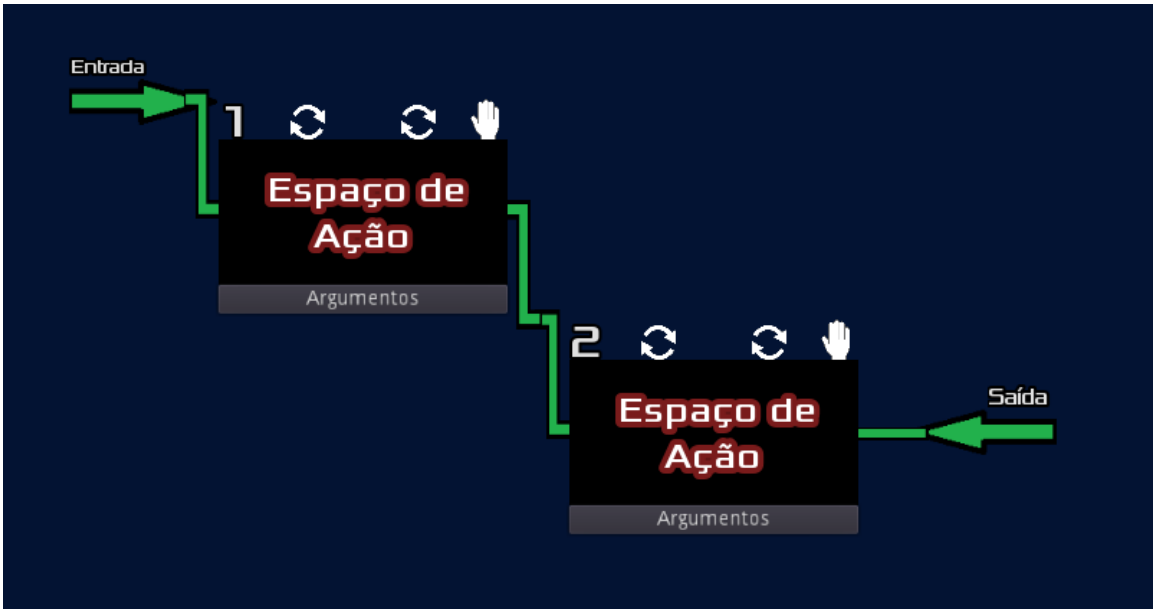


Figura 1.18: *Jogo conectado*

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 1.19: *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.

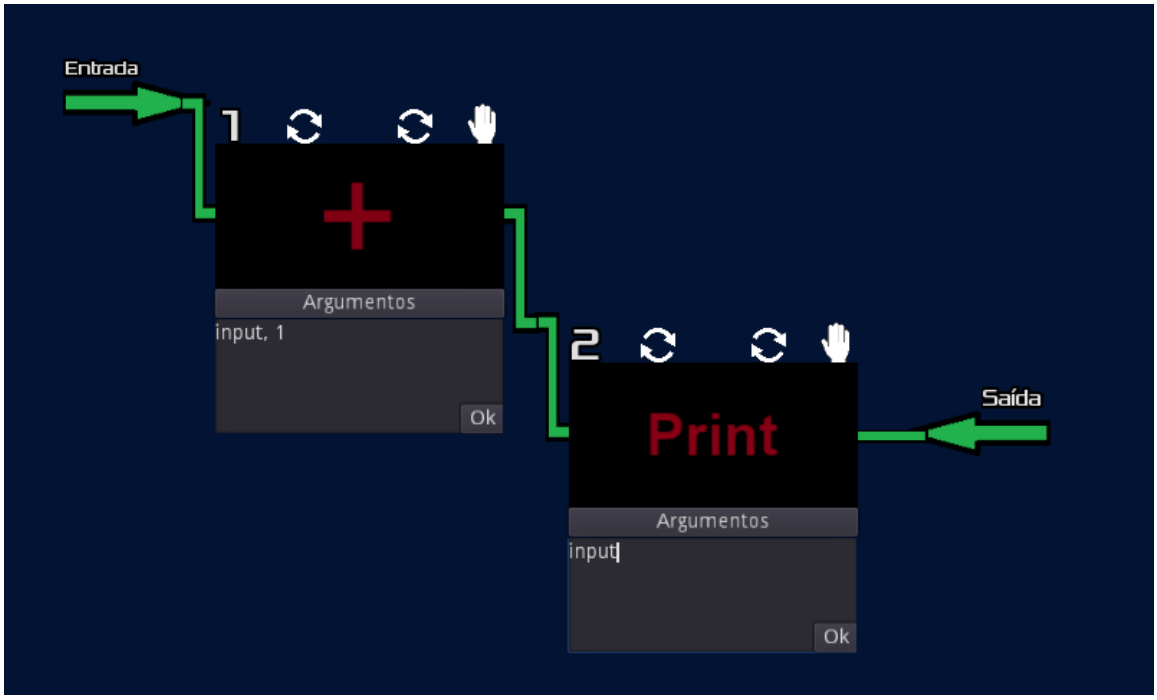


Figura 1.20: *Jogador preenchendo os argumentos*

Agora o sistema está pronto para ser executado.

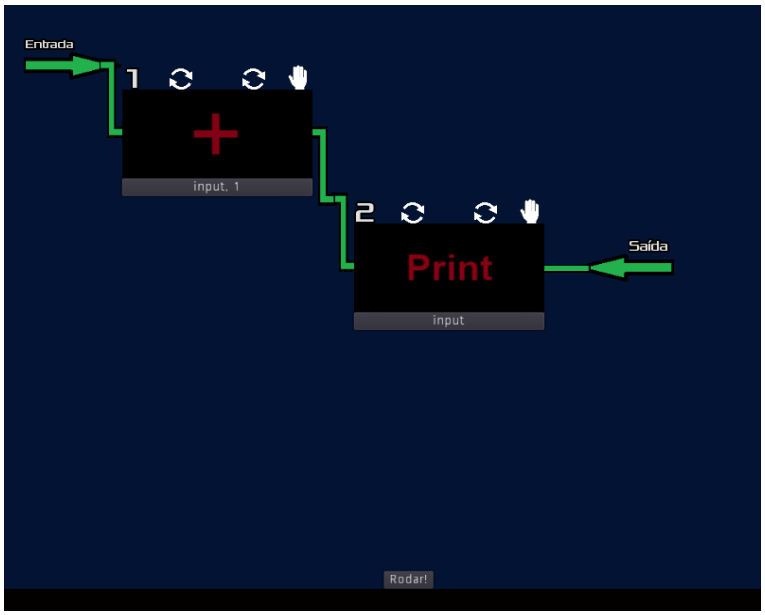


Figura 1.21: *Sistema pronto para execução*

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:*.

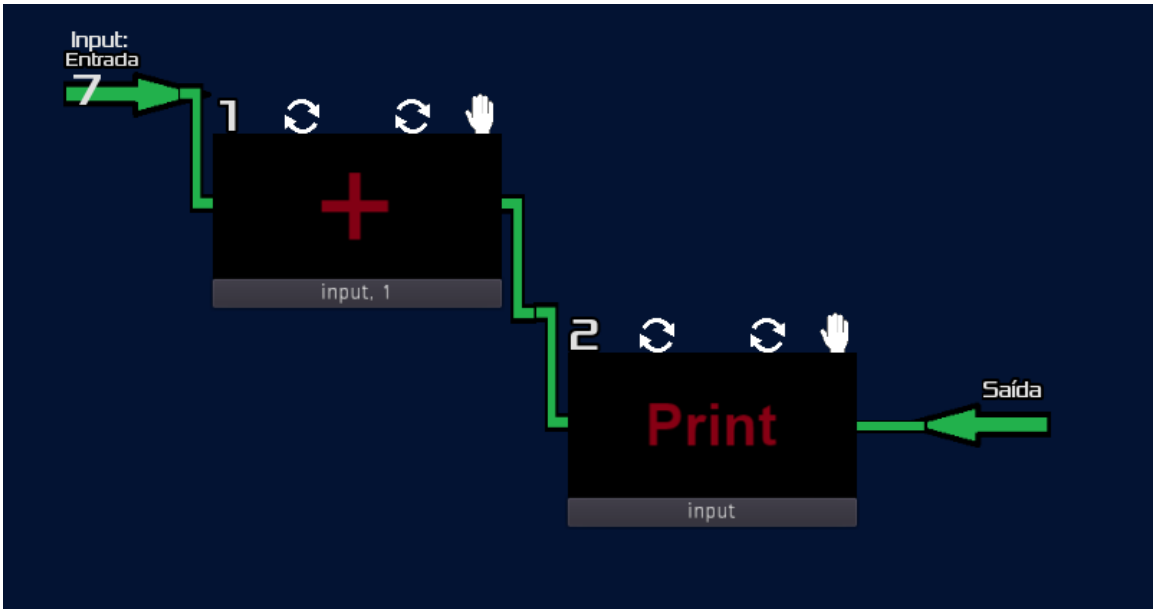


Figura 1.22: *Início da execução do sistema*

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.

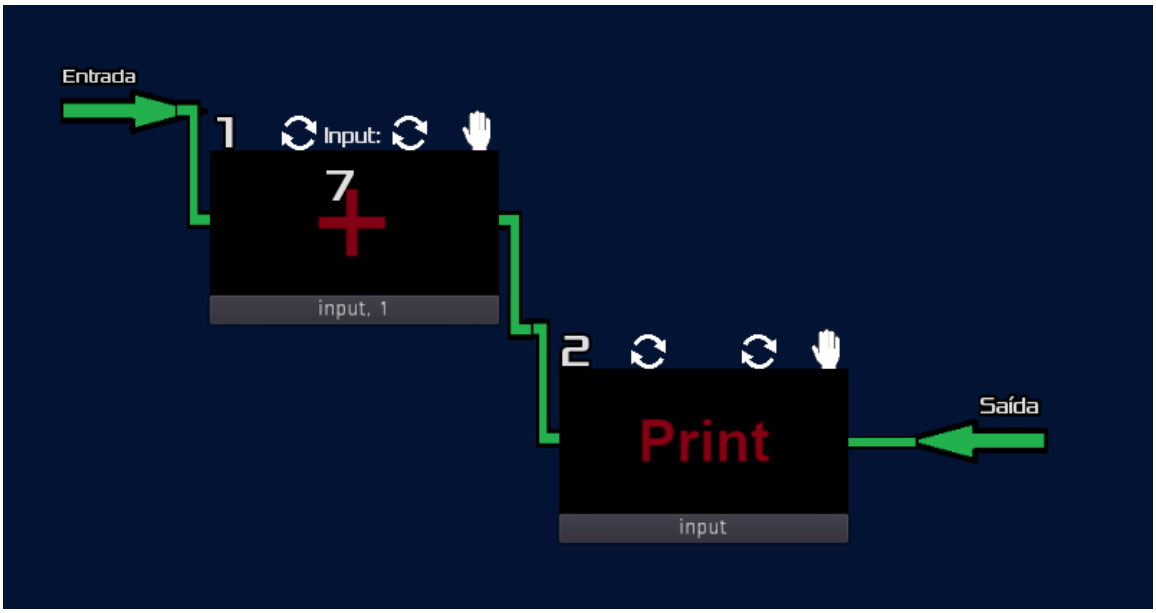


Figura 1.23: *Valor do Input antes da operação*

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*.

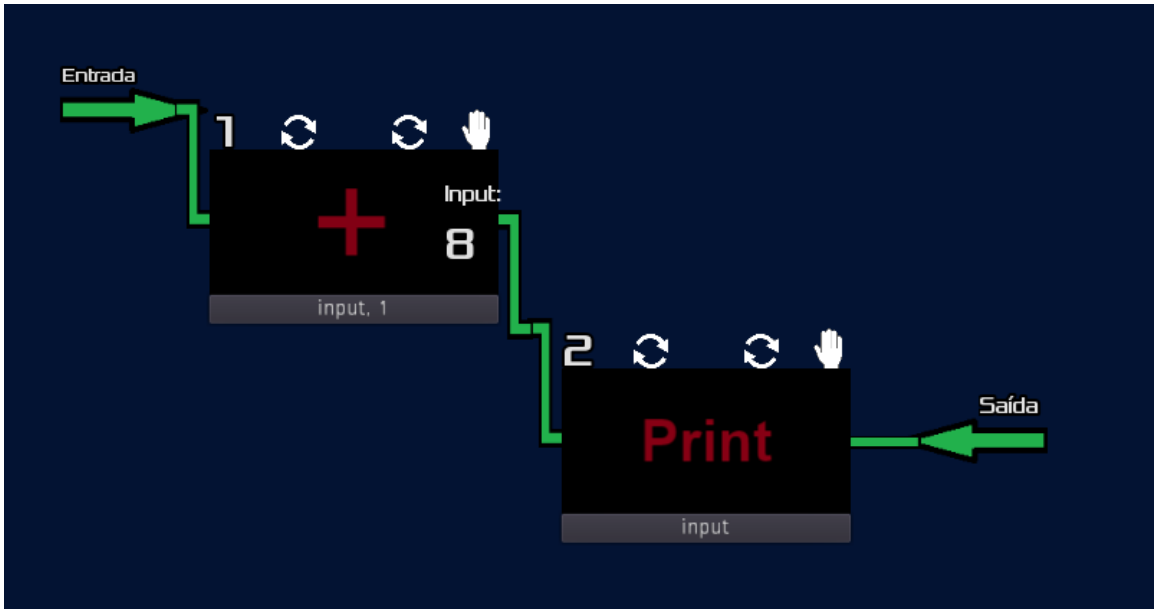


Figura 1.24: *Valor do Input após a operação*

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 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.

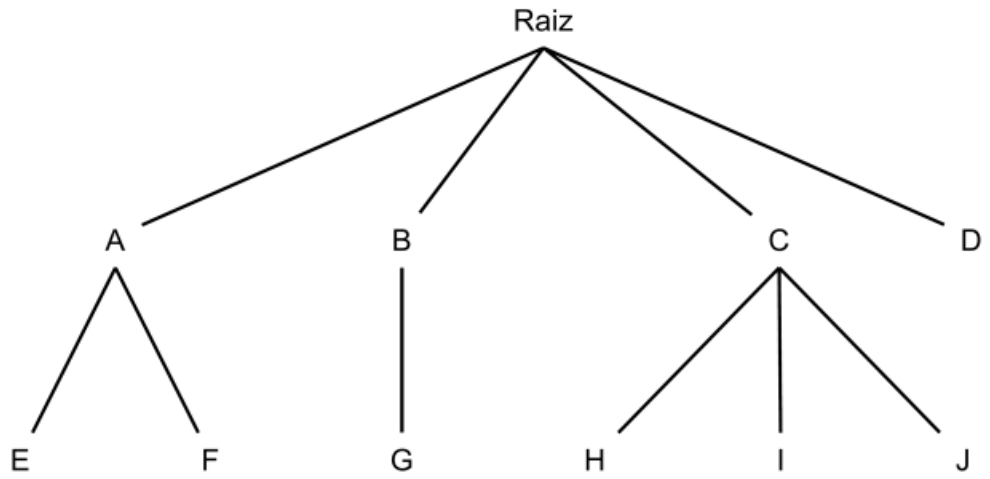


Figura 2.1: *Exemplo de árvore*

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.

Escolher a Godot para este projeto teve como motivação o grupo de extensão USPGameDev, além do aprendizado ser relativamente simples e de ser um *software open source* sob a licença MIT, desenvolvido de forma independente pela comunidade.

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.

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 salvo no disco e carregado de volta.
- Pode ser instanciado (Explicado adiante).

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".

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:

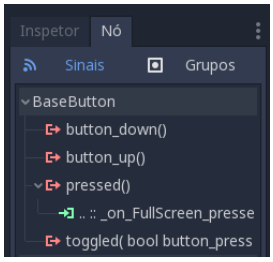


Figura 2.2: *Sinais pré programados de um nó do tipo Button*

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 2.3: *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:

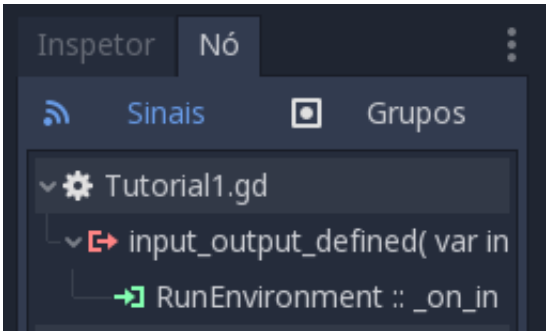


Figura 2.4: *Sinal input_output_defined conectado via interface*

```
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 2.5: *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

Bibliografia

Referências Bibliográficas

https://www.cse.unr.edu/~sushil/class/gas/papers/GameAIp27-lewis.pdf

https://docs.godotengine.org/en/3.1/getting_started/step_by_step/scenes_and_nodes.html

https://docs.godotengine.org/en/3.1/getting_started/step_by_step/instancing.html

https://docs.godotengine.org/en/3.1/getting_started/scripting/gdscript/gdscript_basics.html#doc-gdscript

https://docs.godotengine.org/en/latest/getting_started/step_by_step/scene_tree.html

https://docs.godotengine.org/en/3.1/getting_started/step_by_step/signals.html

Índice Remissivo