Porte do jogo *Traveling Will* para o *Nintendo Game Boy Advance*

Igor Ribeiro Barbosa Duarte e Vítor Barbosa de Araujo

Faculdade Gama
Universidade de Brasília
Brasil

10 de dezembro de 2018

Objetivo geral

- O objetivo geral deste trabalho é reescrever o jogo *Traveling Will*, desenvolvido originalmente para PC na disciplina de Introdução aos Jogos Eletrônicos, para o *Nintendo Game Boy Advance*

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Comprimir imagens e músicas do jogo original para reduzir o uso de memória;
- Criar módulos para renderização de imagens e texto;
- Criar módulos para manipulação de *inputs* dos botões e carregamento de áudio;
- Criar módulos para detecção de colisões e manipulação de eventos;
- Criar métodos para carregamento de níveis do jogo;
- Executar e testar o jogo desenvolvido na plataforma escolhida.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Comprimir imagens e músicas do jogo original para reduzir o uso de memória;
- Criar módulos para renderização de imagens e texto;
- Criar módulos para manipulação de *inputs* dos botões e carregamento de áudio;
- Criar módulos para detecção de colisões e manipulação de eventos;
- Criar métodos para carregamento do *level design* das fases do jogo;
- Executar e testar o jogo desenvolvido na plataforma escolhida.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Comprimir imagens e músicas do jogo original para reduzir o uso de memória;
- Criar módulos para renderização de imagens e texto;
- Criar módulos para manipulação de *inputs* dos botões e carregamento de áudio;
- Criar módulos para detecção de colisões e manipulação de eventos;
- Criar métodos para carregamento do *level design* das fases do jogo;
- Executar e testar o jogo desenvolvido na plataforma escolhida.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Comprimir imagens e músicas do jogo original para reduzir o uso de memória;
- Criar módulos para renderização de imagens e texto;
- Criar módulos para manipulação de *inputs* dos botões e carregamento de áudio;
- Criar módulos para detecção de colisões e manipulação de eventos;
- Criar métodos para carregamento do *level design* das fases do jogo;
- Executar e testar o jogo desenvolvido na plataforma escolhida.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Comprimir imagens e músicas do jogo original para reduzir o uso de memória;
- Criar módulos para renderização de imagens e texto;
- Criar módulos para manipulação de *inputs* dos botões e carregamento de áudio;
- Criar módulos para detecção de colisões e manipulação de eventos;
- Criar métodos para carregamento do *level design* das fases do jogo;
- Executar e testar o jogo desenvolvido na plataforma escolhida.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Comprimir imagens e músicas do jogo original para reduzir o uso de memória;
- Criar módulos para renderização de imagens e texto;
- Criar módulos para manipulação de *inputs* dos botões e carregamento de áudio;
- Criar módulos para detecção de colisões e manipulação de eventos;
- Criar métodos para carregamento do *level design* das fases do jogo;
- Executar e testar o jogo desenvolvido na plataforma escolhida.

Ferramentas

Para o porte do jogo foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *C++*
- *devkitARM*
- *GIMP*
- *GRIT*
- *avconv*, *libpng* e *modplug-tracker*
- *Nintendo DS*
- *EZFlash II*

Ferramentas

Para o porte do jogo foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *C++*
- *devkitARM*
- *GIMP*
- *GRIT*
- `avconv`, `librosa` e `modplug tracker`
- *Nintendo DS*
- *EZFlash II*

Ferramentas

Para o porte do jogo foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *C++*
- *devkitARM*
- *GIMP*
- *GRIT*
- `avconv`, `librosa` e `modplug tracker`
- *VisualBoyAdvance-M*
- *Nintendo DS*
- *EZFlash II*

Ferramentas

Para o porte do jogo foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *C++*
- *devkitARM*
- *GIMP*
- *GRIT*
- `avconv`, `librosa` e `modplug tracker`
- *VisualBoyAdvance-M*
- *Nintendo DS*
- *EZFlash II*

Ferramentas

Para o porte do jogo foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *C++*
- *devkitARM*
- *GIMP*
- *GRIT*
- `avconv`, `librosa` e `modplug tracker`
- *VisualBoyAdvance-M*
- *Nintendo DS*
- *EZFlash II*

Ferramentas

Para o porte do jogo foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *C++*
- *devkitARM*
- *GIMP*
- *GRIT*
- `avconv`, `librosa` e `modplug tracker`
- *VisualBoyAdvance-M*
- *Nintendo DS*
- *EZFlash II*

Ferramentas

Para o porte do jogo foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *C++*
- *devkitARM*
- *GIMP*
- *GRIT*
- `avconv`, `librosa` e `modplug tracker`
- *VisualBoyAdvance-M*
- *Nintendo DS*
- *EZFlash II*

Ferramentas

Para o porte do jogo foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *C++*
- *devkitARM*
- *GIMP*
- *GRIT*
- `avconv`, `librosa` e `modplug tracker`
- *VisualBoyAdvance-M*
- *Nintendo DS*
- *EZFlash II*

Desenvolvimento da *engine*

Para este trabalho foi desenvolvida a `gbengine`.

- Módulos implementados: *input*, vídeo, gerenciador de memória, áudio e física;
- **Módulo de input**: detectar pressionamento dos botões do GBA.
- **Módulo de vídeo**: renderizar, animar e atualizar imagens;
- **Módulo gerenciador de memória**: garantir alocação segura e eficiente de memória;
- **Módulo de áudio**: inicializar e tocar músicas e efeitos sonoros;
- **Módulo de física**: simular a ação de gravidade e detectar colisões entre objetos do jogo;

Desenvolvimento da *engine*

Para este trabalho foi desenvolvida a `gbengine`.

- Módulos implementados: *input*, vídeo, gerenciador de memória, áudio e física;
- **Módulo de input**: detectar pressionamento dos botões do GBA.
- **Módulo de vídeo**: renderizar, animar e atualizar imagens;
- **Módulo gerenciador de memória**: garantir alocação segura e eficiente de memória;
- **Módulo de áudio**: iniciar e parar músicas de fundo;
- **Módulo de física**: simular a ação de gravidade e detectar colisões entre objetos do jogo;

Desenvolvimento da *engine*

Para este trabalho foi desenvolvida a `gbengine`.

- Módulos implementados: *input*, vídeo, gerenciador de memória, áudio e física;
- **Módulo de input**: detectar pressionamento dos botões do GBA.
- **Módulo de vídeo**: renderizar, animar e atualizar imagens;
- **Módulo gerenciador de memória**: garantir alocação segura e eficiente de memória;
- **Módulo de áudio**: iniciar e parar músicas de fundo;
- **Módulo de física**: simular a ação de gravidade e detectar colisões entre objetos do jogo;

Desenvolvimento da *engine*

Para este trabalho foi desenvolvida a `gbengine`.

- Módulos implementados: *input*, vídeo, gerenciador de memória, áudio e física;
- **Módulo de input**: detectar pressionamento dos botões do GBA.
- **Módulo de vídeo**: renderizar, animar e atualizar imagens;
- **Módulo gerenciador de memória**: garantir alocação segura e eficiente de memória;
- **Módulo de áudio**: iniciar e parar músicas de fundo;
- **Módulo de física**: simular a ação de gravidade e detectar colisões entre objetos do jogo;

Desenvolvimento da *engine*

Para este trabalho foi desenvolvida a `gbengine`.

- Módulos implementados: *input*, vídeo, gerenciador de memória, áudio e física;
- **Módulo de input**: detectar pressionamento dos botões do GBA.
- **Módulo de vídeo**: renderizar, animar e atualizar imagens;
- **Módulo gerenciador de memória**: garantir alocação segura e eficiente de memória;
- **Módulo de áudio**: iniciar e parar músicas de fundo;
- **Módulo de física**: simular a ação de gravidade e detectar colisões entre objetos do jogo;

Desenvolvimento da *engine*

Para este trabalho foi desenvolvida a `gbengine`.

- Módulos implementados: *input*, vídeo, gerenciador de memória, áudio e física;
- **Módulo de input**: detectar pressionamento dos botões do GBA.
- **Módulo de vídeo**: renderizar, animar e atualizar imagens;
- **Módulo gerenciador de memória**: garantir alocação segura e eficiente de memória;
- **Módulo de áudio**: iniciar e parar músicas de fundo;
- **Módulo de física**: simular a ação de gravidade e detectar colisões entre objetos do jogo;

Módulo de input

- Detectar pressionamento dos botões
- *Bitmask* onde o valor 0 indica pressionamento

Módulo de input

```
1  #include "input.h"
2
3  volatile unsigned int *buttons_mem = (volatile unsigned int *) 0
       x04000130;
4
5  void check_buttons_states() {
6    for(int i = 0; i < N_BUTTON; i++) {
7      pressed_state[i] = !((*buttons_mem) & (1 << i));
8    }
9  }
10
11 bool pressed(int button) {
12   return pressed_state[button];
13 }
```

Figura: Código da classe *input*

Módulo de input

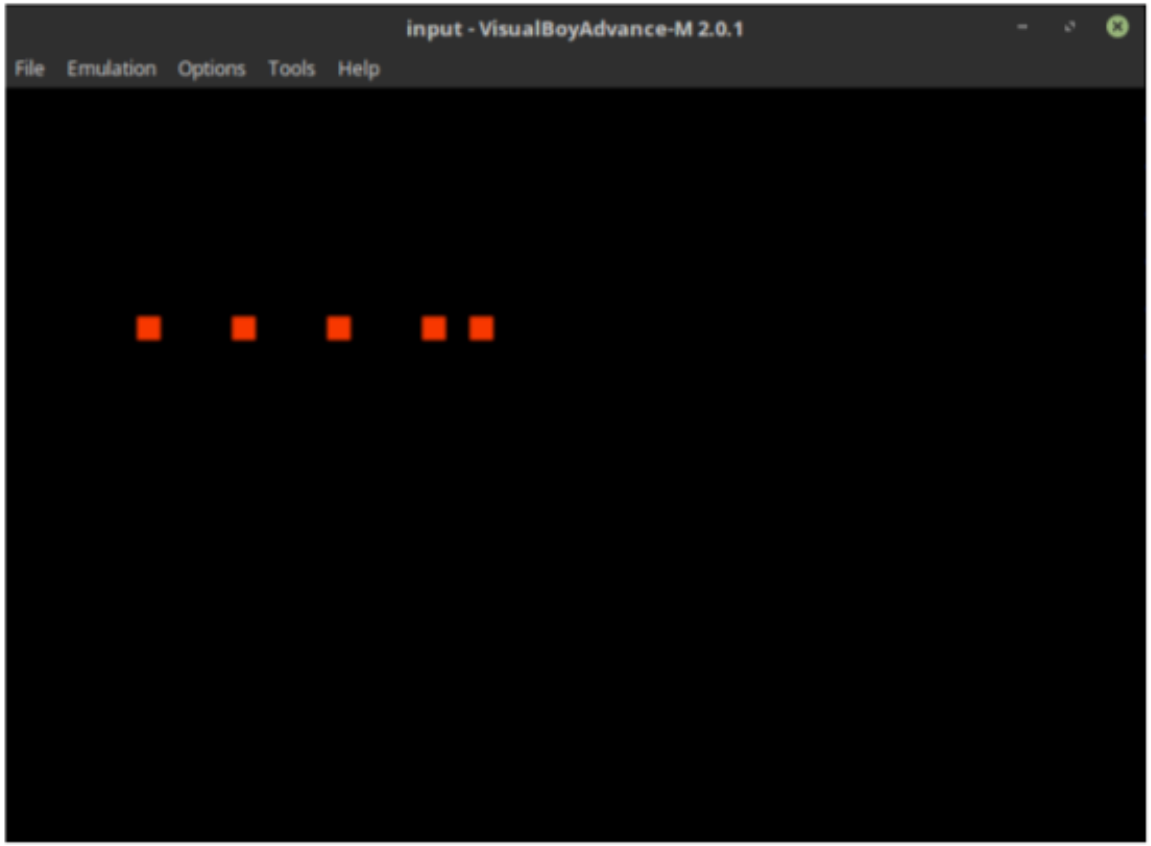


Figura: *Demo* do *input*

Módulo de input

```
9  int main() {
10   reset_dispcnt();
11   set_video_mode(3);
12   enable_background(2);
13
14   while(1) {
15     check_buttons_states();
16
17     for(int i=0;i<=9;i++){
18       int padding = i + 10;
19
20       if (pressing(1 << i)) {
21         for(int x=-2;x<=2;x++) {
22           for(int y=-2;y<=2;y++) {
23             vid_mem[(50 + x) * 240 + (20 + y + i * 10)] = RED;
24           }
25         }
26       }
27       else {
28         for(int x=-2;x<=2;x++) {
29           for(int y=-2;y<=2;y++) {
30             vid_mem[(50 + x) * 240 + (20 + y + i * 10)] = 0;
31           }
32         }
33       }
34     }
35   }
```

Figura: Código do *demo* de *input*

Módulo de vídeo

- Classe `Texture`: renderização e animação de *sprites*
- Construtor por cópia
- Classe `Background`: renderização e *scroll* de *backgrounds*
- Escolha da paleta do *background* no momento da conversão

Módulo de vídeo

- Classe `Texture`: renderização e animação de *sprites*
- Construtor por cópia
- Classe `Background`: renderização e *scroll* de *backgrounds*
- Escolha da paleta do *background* no momento da conversão

Módulo de vídeo

- Classe `Texture`: renderização e animação de *sprites*
- Construtor por cópia
- Classe `Background`: renderização e *scroll* de *backgrounds*
- Escolha da paleta do *background* no momento da conversão

Módulo de vídeo

- Classe `Texture`: renderização e animação de *sprites*
- Construtor por cópia
- Classe `Background`: renderização e *scroll* de *backgrounds*
- Escolha da paleta do *background* no momento da conversão

Módulo de vídeo

```
1  Texture::Texture(uint32_t num_sprites, const uint16_t *pallete, uint32_t
       pallete_len,
2    const unsigned int *tiles, uint32_t tiles_len, enum bits_per_pixel bpp
       = _8BPP)
3  {
4    this->pallete = pallete;
5    this->pallete_len = pallete_len;
6    this->pallete_id = 0;
7    this->bpp = bpp;
8    this->num_sprites = num_sprites;
9    this->num_tiles = tiles_len / ((bpp == _4BPP) ? 32 : 64);
10   this->tiles_per_sprite = num_tiles / num_sprites;
11   this->tiles = tiles;
12   this->tiles_len = tiles_len;
13
14   memory_manager = MemoryManager::get_memory_manager();
15
16   set_sprite_pal();
17   set_sprite();
18   oam_entry = memory_manager->alloc_oam_entry();
19
20   metadata.tid = tile_base * ((bpp == _4BPP) ? 1 : 2);
21   metadata.pb = pallete_id;
22 }
```

Figura: Construtor da classe `Texture`

Módulo gerenciador de memória

- Garantir alocação segura e eficiente de memória
- Gerenciamento com partições variáveis

Módulo gerenciador de memória

Funcionamento do gerenciador de memória:

- Inicializar os ponteiros para as regiões de memória
- Quando há chamada de alocação, procura pelo primeiro espaço disponível
- Verificar espaço disponível
- Liga posição no `bitset`
- Retorna o ponteiro encontrado

Módulo gerenciador de memória

```
1  struct attr {
2    // attr0
3    uint8_t y;
4    uint8_t om : 2;
5    uint8_t gm : 2;
6    uint8_t mos : 1;
7    uint8_t cm : 1;
8    uint8_t sh : 2;
9    // attr1
10   uint16_t x : 9;
11   uint8_t aid : 5;
12   uint8_t sz : 2;
13   // attr2
14   uint16_t tid : 10;
15   uint8_t pr : 2;
16   uint8_t pb : 4;
17   // attr3
18   uint16_t filler;
19 };
```

Figura: Uso de *bitfields* nos metadados das *sprites*

Módulo gerenciador de memória

```
1  class MemoryManager {
2    private:
3      MemoryManager *instance;
4    public:
5      MemoryManager *get_memory_manager() {
6        if (!instance) {
7          instance = new MemoryManager();
8        }
9        return instance;
10     }
11 };
```

Figura: Uso de *singleton* na classe `MemoryManager`

Módulo de física

- Checar se os objetos estão colidindo
- Chamar `on_collision()` do alvo

Módulo utilitário

Código *assembly* com chamada para `vbaprint()`

```
1 .arm
2 .global vbaprint
3 .type  vbaprint STT_FUNC
4 .text
5 vbaprint:
6   swi 0xFF0000
7     bx lr
```

Figura: Chamada para `vbaprint()`

Módulo utilitário

Função `print()`

```
1  int print(const char *fmt, ...) {
2    va_list args;
3    va_start(args, fmt);
4
5    char buffer[4096];
6
7    int rc = vsnprintf(buffer, sizeof(buffer), fmt, args);
8
9    vbaprint(buffer);
10   va_end(args);
11
12   return rc;
13 }
```

Figura: Função `print()`

Módulo utilitário

Função `mem16cpy()`

```
1  void mem16cpy(volatile void *dest, const void *src, size_t n)
2  {
3    if (n & 1) {
4      print("Size must be even");
5    }
6
7    for (int i = 0; i < n / 2; i++) {
8      *(((volatile uint16_t *)dest) + i) = *(((uint16_t *)src) + i);
9    }
10 }
```

Figura: Função `mem16cpy()`

Módulo utilitário

Função `vsync()`

```
1 void vsync() {
2   while(REG_VCOUNT >= 160);
3   while(REG_VCOUNT < 160);
4 }
```

Figura: Função `vsync()`

Adaptação das músicas do jogo

- *Parser* do level design original
- Reprodução de ondas quadradas
- Reduzir a frequência das músicas originais

Adaptação das músicas do jogo

- *Parser* do level design original
- Reprodução de ondas quadradas
- Reduzir a frequência das músicas originais

Adaptação das músicas do jogo

- *Parser* do level design original
- Reprodução de ondas quadradas
- Reduzir a frequência das músicas originais

Adaptação das músicas do jogo

Adaptação das músicas do jogo

Adaptação das músicas do jogo

Adaptação das músicas do jogo

Adaptação das imagens do jogo

- Proporção 3:1 em relação à altura das imagens
- Conversão das imagens utilizando a ferramenta `grit`

Adaptação das imagens do jogo

- Proporção `3:1` em relação à altura das imagens
- Conversão das imagens utilizando a ferramenta `grit`

Adaptação das imagens do jogo

```
$ grit nome-da-imagem.png -gB4 -ftc -Mw2 -Mh4
```

Figura: Comando para conversão das *sprites*

```
$ grit nome-da-imagem.png -gB4 -ftc -mRtf -mp0
```

Figura: Comando para conversão dos *backgrounds*

Adaptação das imagens do jogo

- Tamanho do *background*
- *Scroll* horizontal dos *backgrounds* (registradores `REGBGxHOFS`)

Adaptação das imagens do jogo

- Tamanho do *background*
- *Scroll* horizontal dos *backgrounds* (registradores `REGBGxHOFS`)

Adaptação das imagens do jogo

```
1  void Background::update_self(uint64_t dt) {
2    if (dt % frames_to_skip == 0) {
3      m_x += m_speed_x;
4      m_y += m_speed_y;
5    }
6
7    switch(this->background_id) {
8      case 0:
9        REG_BG0HOFS = m_x;
10       REG_BG0VOFS = m_y;
11       break;
12     case 1:
13       REG_BG1HOFS = m_x;
14       REG_BG1VOFS = m_y;
15       break;
16     case 2:
17       REG_BG2HOFS = m_x;
18       REG_BG2VOFS = m_y;
19       break;
20     case 3:
21       REG_BG3HOFS = m_x;
22       REG_BG3VOFS = m_y;
23       break;
24     default:
25       print("Invalid background id\n");
26       break;
27   }
28 }
```

Figura: *Scroll* horizontal dos *backgrounds*

Adaptação das imagens do jogo

Construção dos níveis do jogo

- *Parser* para *level design* original
- Reutilizar texturas das plataformas
- Carregar somente os itens visíveis

Construção dos níveis do jogo

- *Parser* para *level design* original
- Reutilizar texturas das plataformas
- Carregar somente os itens visíveis

Construção dos níveis do jogo

- *Parser* para *level design* original
- Reutilizar texturas das plataformas
- Carregar somente os itens visíveis

Construção dos níveis do jogo

```
1  // neste exemplo, platform_idx corresponde ao indice da plataforma mais
       a direita da tela
2  while (1) {
3    if (platform_idx * platform_width <= m_backgrounds[0]->x() +
       screen_width) {
4      auto plat = q.front();
5      q.pop();
6
7      plat->set_x(platform_idx * platform_width - m_backgrounds[0]->x());
8      plat->set_y(platform_height[platform_idx]);
9
10     plat->collectable()->set_y(collectable_height[platform_idx]);
11     plat->collectable()->set_visibility(collectable_present[platform_idx
       ]);
12
13     q.push(plat);
14   } else break;
15
16   platform_idx++;
17 }
```

Figura: Código para atualização das plataformas

Transição entre os níveis do jogo

```
1  if (m_level->done()) {
2    if (m_level->next() == NEXT_LEVEL) {
3      current_level = (previous_playable_level + 1) % (LOADED_LEVELS + 1);
4      if (current_level == 0)
5        current_level++;
6    }
7    else {
8      previous_playable_level = current_level;
9      current_level = m_level->next();
10   }
11
12   delete m_level;
13
14   bool is_playable = current_level != LEVEL_MENU && current_level !=
       MENU_VICTORY
15     && current_level != MENU_DEFEAT;
16
17
18   m_level = new TWLevel(current_level, is_playable);
19 }
```

Figura: Transição entre níveis

Classes do jogo

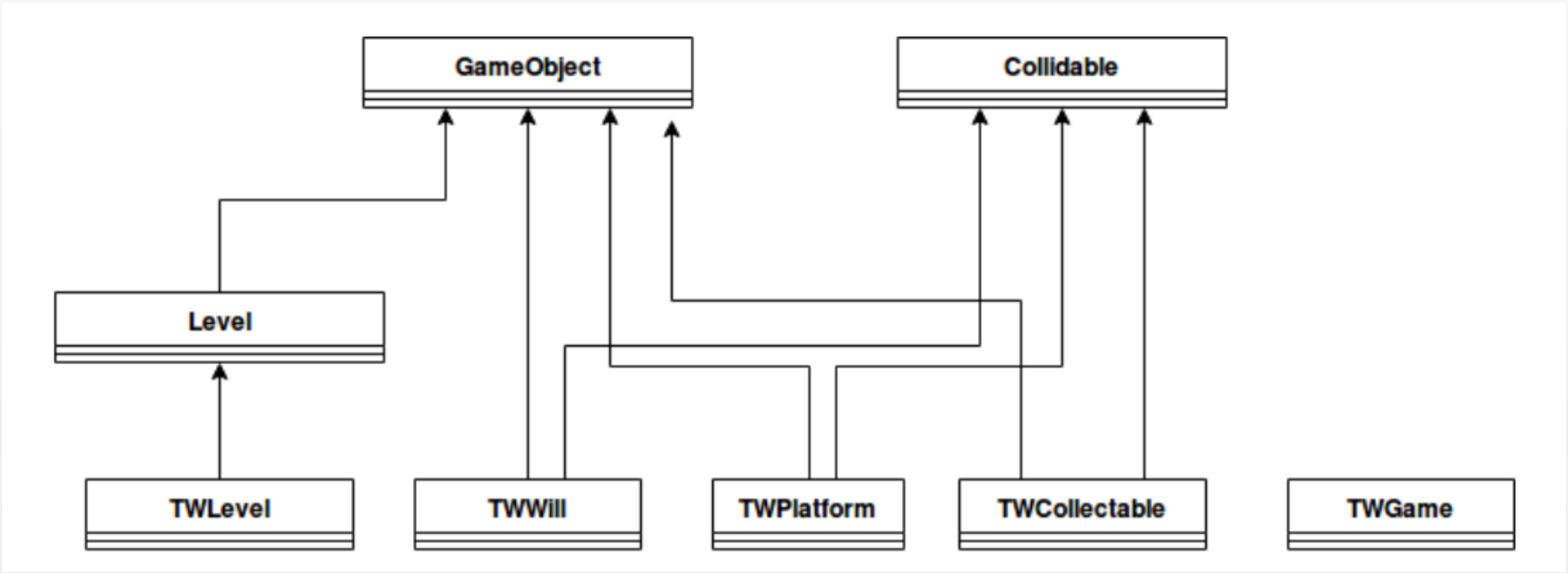


Figura: Diagrama de classes do jogo.

Comparação entre o porte e o jogo original

Figura: Comparação entre os menus.

Comparação entre o porte e o jogo original

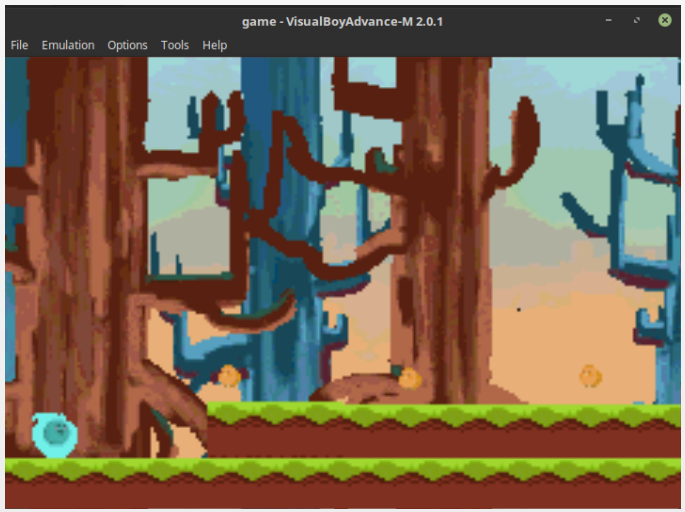


Figura: Comparação da primeira fase.

Comparação entre o porte e o jogo original

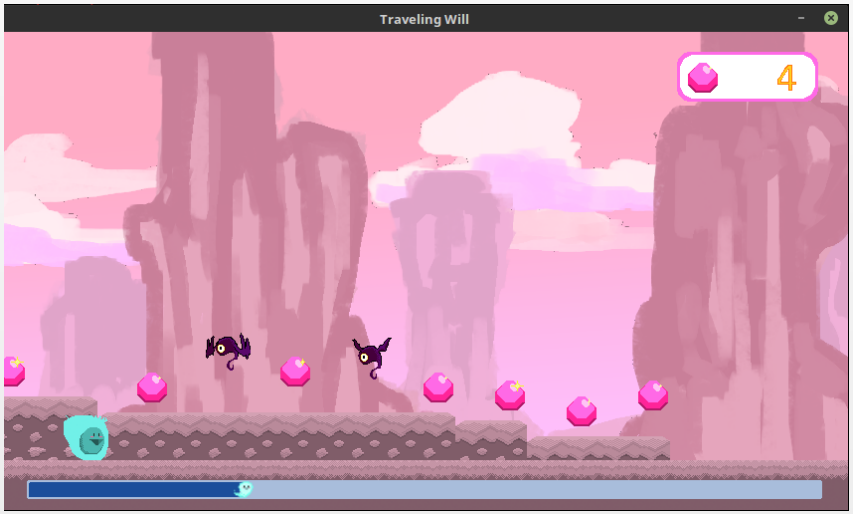
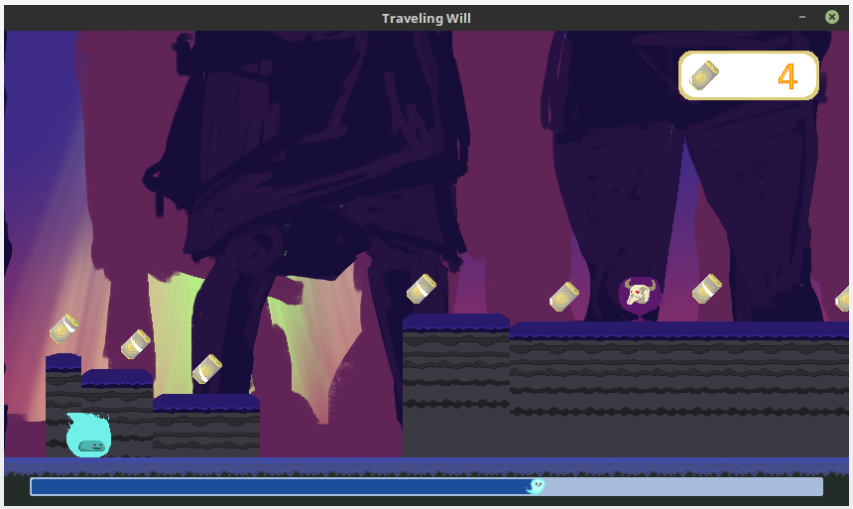


Figura: Comparação da segunda fase.

Comparação entre o porte e o jogo original



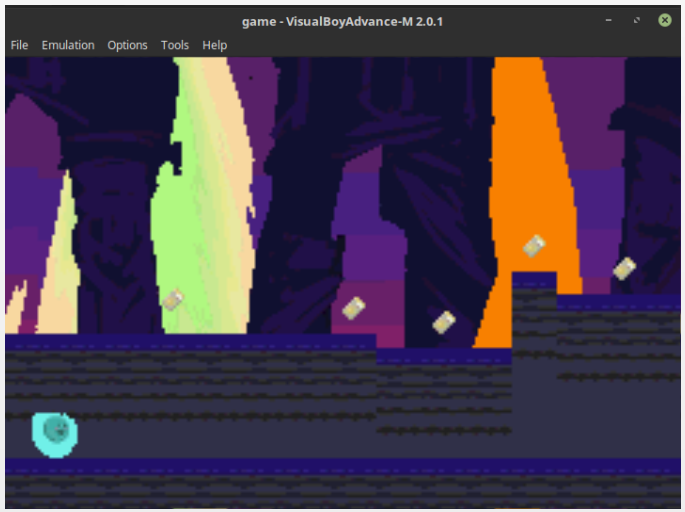


Figura: Comparação da terceira fase.

Comparação entre o porte e o jogo original

Figura: Comparação da quarta fase.

Comparação entre o porte e o jogo original

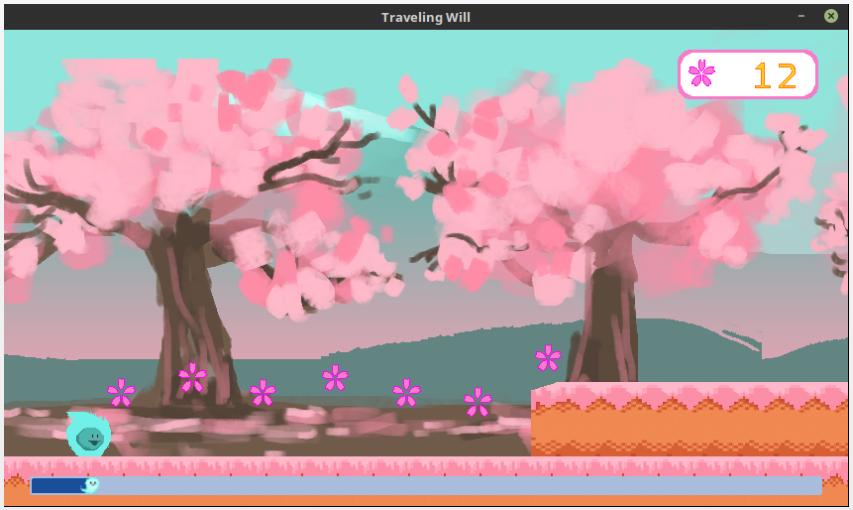


Figura: Comparação da quinta fase.

Comparação entre o porte e o jogo original

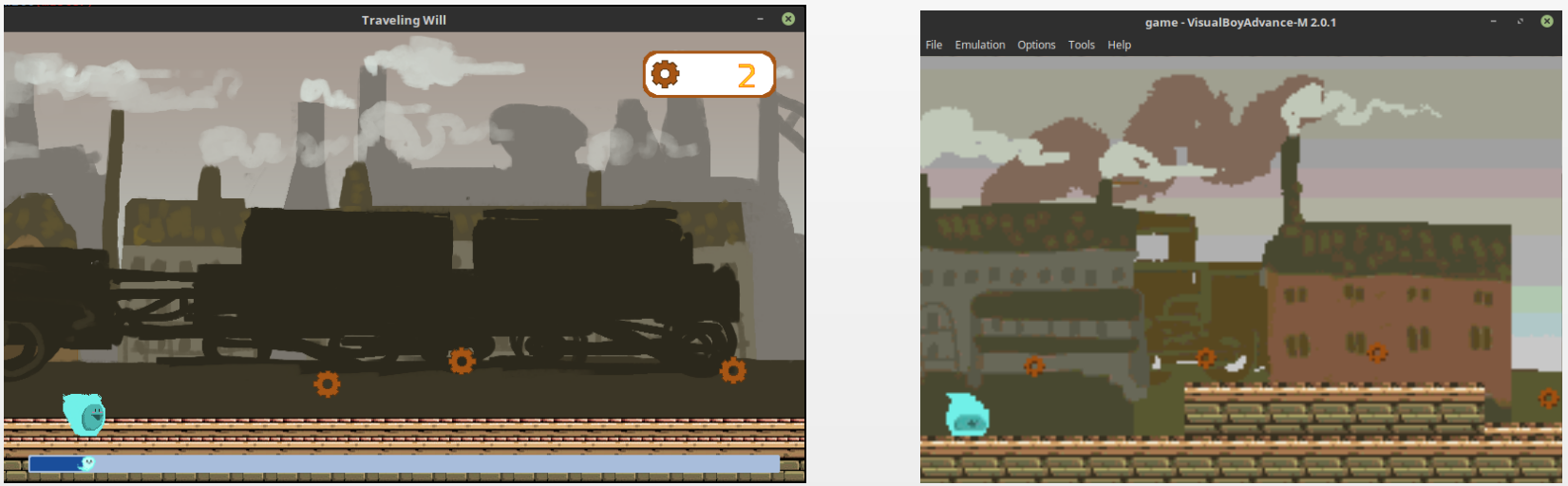
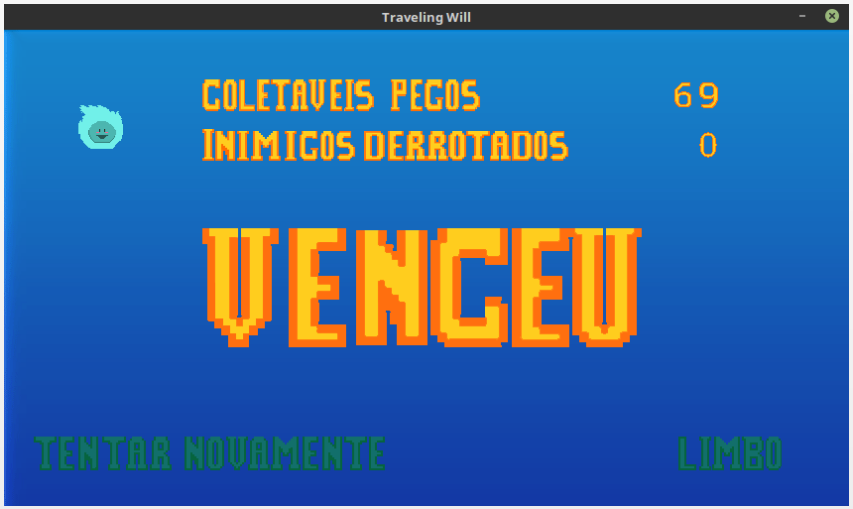


Figura: Comparação da sexta fase.

Comparação entre o porte e o jogo original



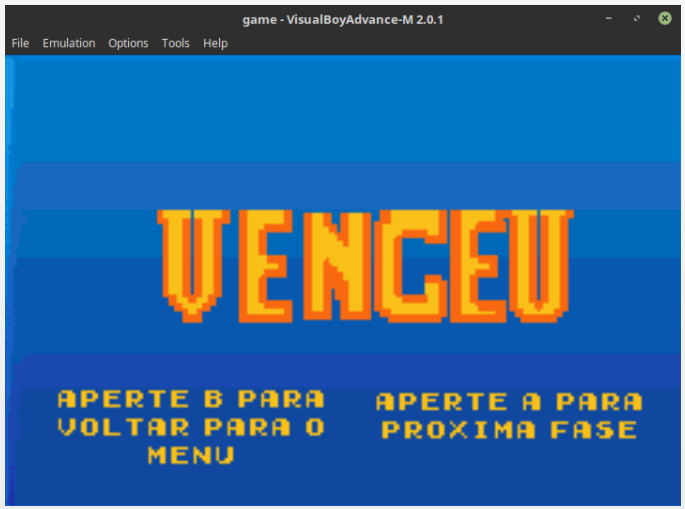


Figura: Comparação das telas de vitória.

Comparação entre o porte e o jogo original

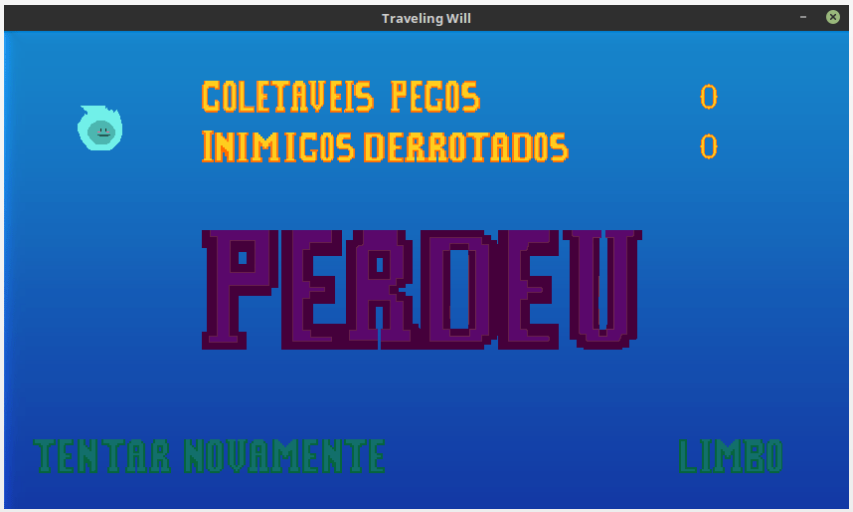


Figura: Comparação das telas de derrota.

Considerações Finais

Principais impedimentos durante a execução do trabalho:

- Entender detalhes do *hardware do GBA*;
- Testar o jogo no *console*;
- Adaptação de imagens e músicas do jogo;

Considerações Finais

Principais impedimentos durante a execução do trabalho:

- Entender detalhes do *hardware do GBA*;
- Testar o jogo no *console*;
- Adaptação de imagens e músicas do jogo;

Considerações Finais

Principais impedimentos durante a execução do trabalho:

- Entender detalhes do *hardware do GBA*;
- Testar o jogo no *console*;
- Adaptação de imagens e músicas do jogo;

Considerações Finais

Pontos de melhoria pós-execução do trabalho:

- Melhor priorização das tarefas a serem executadas;
- Testes mais frequentes no *console*

Considerações Finais

Pontos de melhoria pós-execução do trabalho:

- Melhor priorização das tarefas a serem executadas;
- Testes mais frequentes no *console*

Considerações Finais

É possível portar o jogo Traveling Will, desenvolvido para PC pelos autores deste trabalho, para o Nintendo Gameboy Advance, no contexto de um trabalho de conclusão de curso, com performance e jogabilidade próximos da versão para computador?
R: **Sim, é possível.**

Trabalhos futuros

- Melhorar módulo de áudio para carregar efeitos sonoros e pausar músicas;
- Implementar carregamento e utilização de fontes;
- Adicionar elementos de HUD e seleção de fases;
- Salvar o estado do jogo em memória;

Trabalhos futuros

- Melhorar módulo de áudio para carregar efeitos sonoros e pausar músicas;
- Implementar carregamento e utilização de fontes;
- Adicionar elementos de HUD e seleção de fases;
- Salvar o estado do jogo em memória;
- Implementar um desfragmentador de memória na classe `MemoryManager`

Trabalhos futuros

- Melhorar módulo de áudio para carregar efeitos sonoros e pausar músicas;
- Implementar carregamento e utilização de fontes;
- Adicionar elementos de HUD e seleção de fases;
- Salvar o estado do jogo em memória;
- Implementar um desfragmentador de memória na classe `MemoryManager`

Trabalhos futuros

- Melhorar módulo de áudio para carregar efeitos sonoros e pausar músicas;
- Implementar carregamento e utilização de fontes;
- Adicionar elementos de HUD e seleção de fases;
- Salvar o estado do jogo em memória;
- Implementar um desfragmentador de memória na classe `MemoryManager`

Trabalhos futuros

- Melhorar módulo de áudio para carregar efeitos sonoros e pausar músicas;
- Implementar carregamento e utilização de fontes;
- Adicionar elementos de HUD e seleção de fases;
- Salvar o estado do jogo em memória;
- Implementar um desfragmentador de memória na classe `MemoryManager`

Considerações Finais

Obrigado!