UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Engenharia de Software – Professor Eduardo Figueiredo

Guilherme Teres Nunes – 2016077187

JOGO ARCADE

Belo Horizonte

2019

Sobre

Esse trabalho foi desenvolvido por **Guilherme Teres Nunes** e é referente ao projeto prático da disciplina de **Engenharia de Software** ministrada pelo professor **Eduardo Figueiredo** na **Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG**. O projeto foi desenvolvido com o intuito de criar e passar por toda a estrutura, engenharia e projeto de software necessário para desenvolver e escalar um jogo digital a partir do zero.

Nesse documento há a explicação completa de tudo o que foi desenvolvido, incluindo, mas não se limitando a, requisitos, modelo de processo, estruturação e diagramação do software, funcionamento e lógica por trás do Motor de Jogo desenvolvido para o Game e suas relações com a Engenharia de Software.

O **código fonte** completo do projeto pode ser encontrado através do link < https://github.com/UnidayStudio/JavaArcadeGame1> .

Descrição

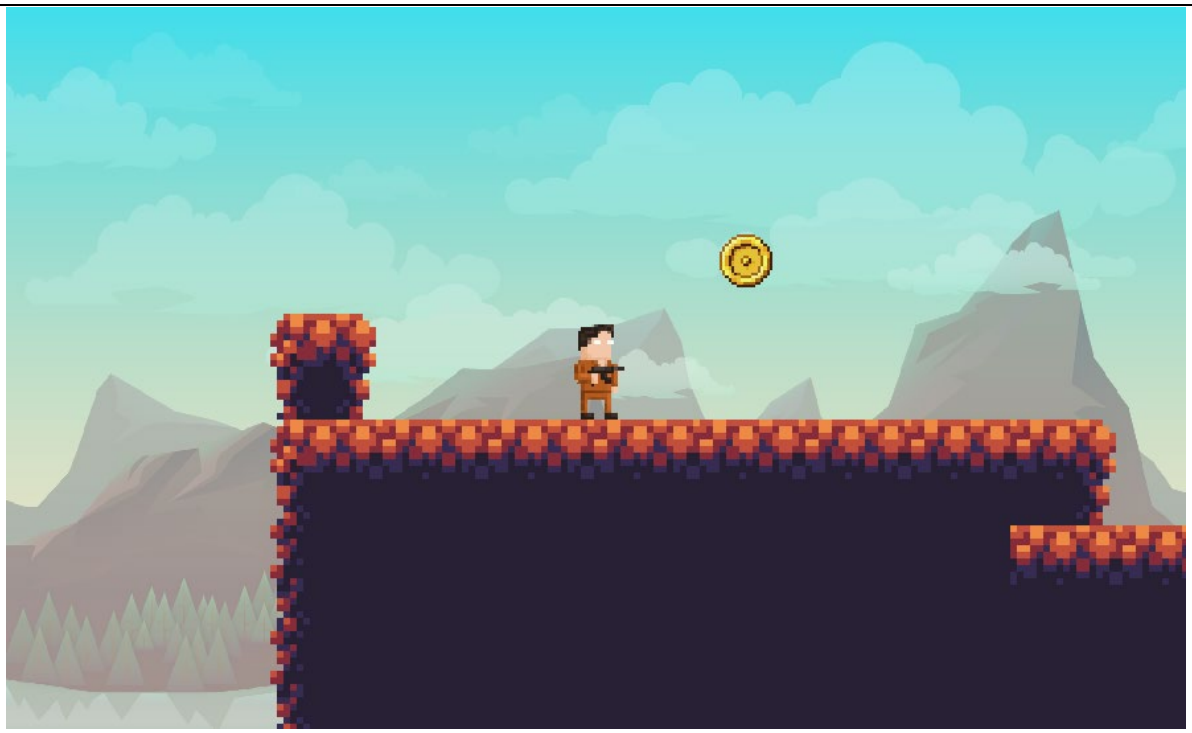
Se trata de um Jogo de plataforma 2D, com personagens animados via ***sprites*** (sequencia de imagens 2D), onde o usuário (jogador) poderá andar, pular e coletar moedas pelo cenário. Também há a presença de NPCS (***non playable character***) pelo mapa com comportamento próprio. O motor (***game engine***) por trás do jogo deverá ter suporte a cenas para construir as fases e uma interface base para um objeto 2D que poderá ser herdada para criar o visual e a lógica dos diferentes tipos de entidades do jogo (blocos, personagem, inimigos). Além disso, o motor também deverá tratar as entradas do usuário (teclado e mouse) e fornecer o cálculo de física básico entre os diferentes tipos de objetos na cena.

Como executar o Projeto

O projeto foi inteiramente desenvolvido utilizando a linguagem e programação **Java** e através da IDE **IntelliJ IDEA**, que pode ser obtida gratuitamente através do site jetbrains.com/idea. Para executar o projeto basta abrir a pasta **JavaArcadeGame1** através dessa IDE e executar o arquivo ***Main.java***, localizado em ***src/main/com.game/app/Main.java***. Para controlar o personagem, use as teclas A e D e a tecla W para pular.

Demonstração

Um vídeo de demonstração do jogo pode ser encontrado no **YouTube** através do link: < https://youtu.be/yhut3Z9Qxkk> . Abaixo algumas imagens do jogo em execução.



Requisitos Funcionais

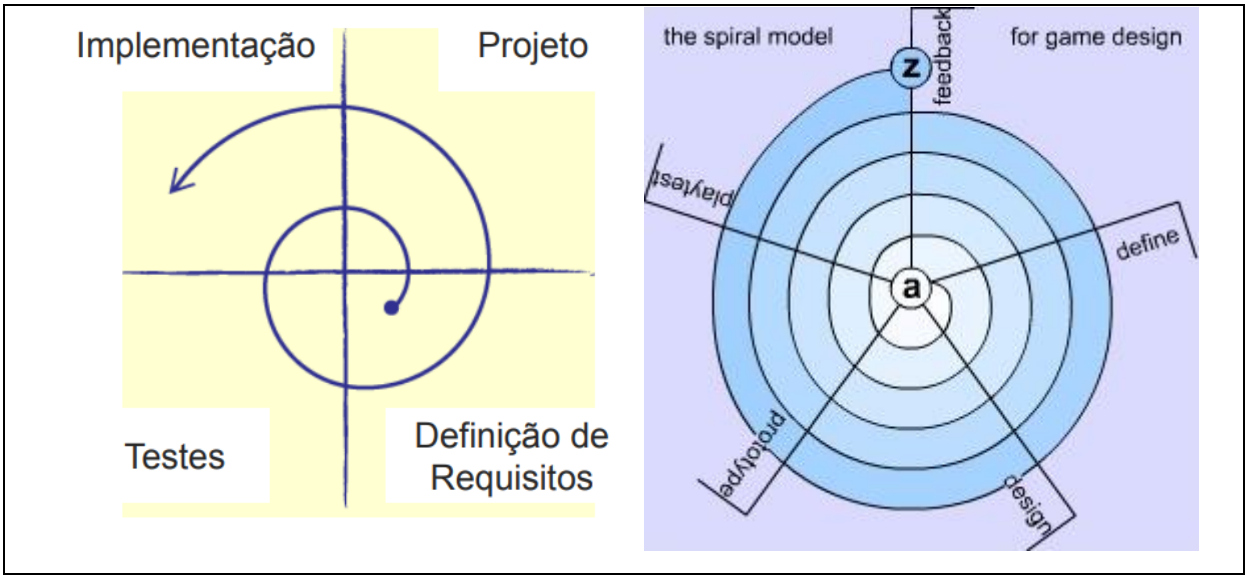
Jogo	[**R01**] O software deve permitir que o jogador inicie um jogo. [**R02**] O software deverá detectar colisão entre dois objetos. [**R03**] O software deverá mostrar os objetos da cena na tela do usuário.
Fase	[**R04**] A fase deve permitir a existência de blocos (plataformas) onde o jogador pode pisar. [**R05**] A fase deve permitir a existência de inimigos. [**R06**] A fase deve permitir a existência de moedas coletáveis.
Personagem	[**R07**] A personagem poderá pular de acordo com a entrada do jogador. [**R08**] A personagem poderá andar de acordo com as entradas do jogador.
Inimigos	[**R09**] Os inimigos deverão se movimentar aleatoriamente para os lados.

Requisitos Não Funcionais

- O sistema deve funcionar a 60 frames por segundo.
- O sistema deverá reconhecer entradas de teclado, até três simultâneas.
- O tempo de resposta entre a entrada do teclado e a ação deverá ser inferior a 0.5 segundo.
- O sistema deverá ser executado no sistema operacional Windows.
- O sistema deverá ser capaz de renderizar ***sprites*** em pixel art.

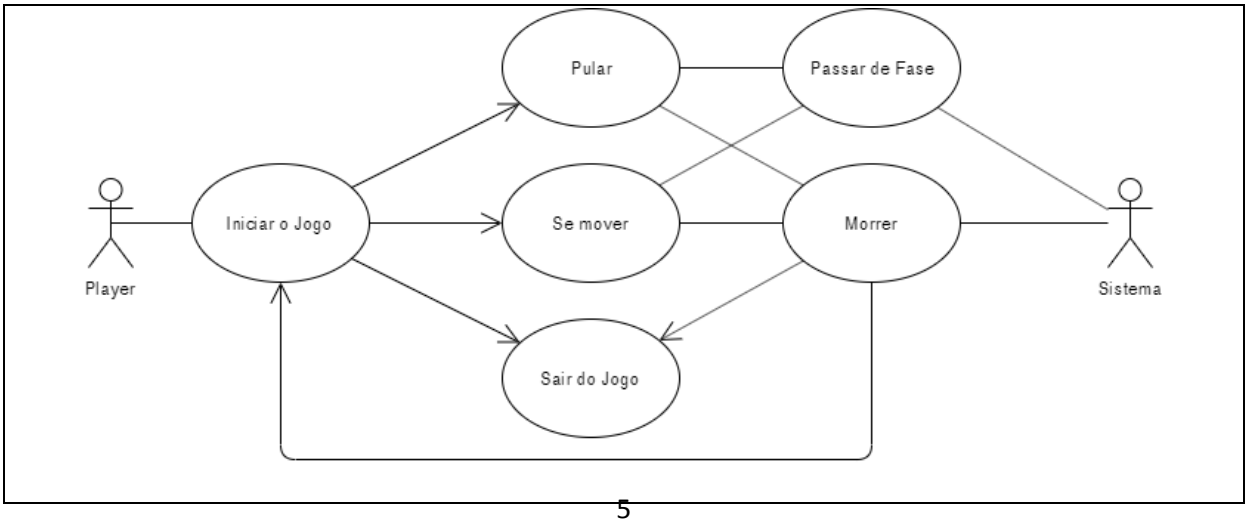
Modelo de Processo

O modelo de processo para o desenvolvimento de jogos deve permitir testes a qualquer momento, criação de protótipos e deve lidar bem com mudanças, uma vez que o escopo de um jogo digital pode muar drasticamente de acordo com o resultado de ***playtests*** (testes com jogadores). Um dos modelos que mais se adapta as especificações apresentadas é o **Modelo Espiral**, que também é frequentemente utilizado e adaptado para a indústria de games. Abaixo você verá um esquema de seu processo seguido de uma adaptação feita para a indústria.



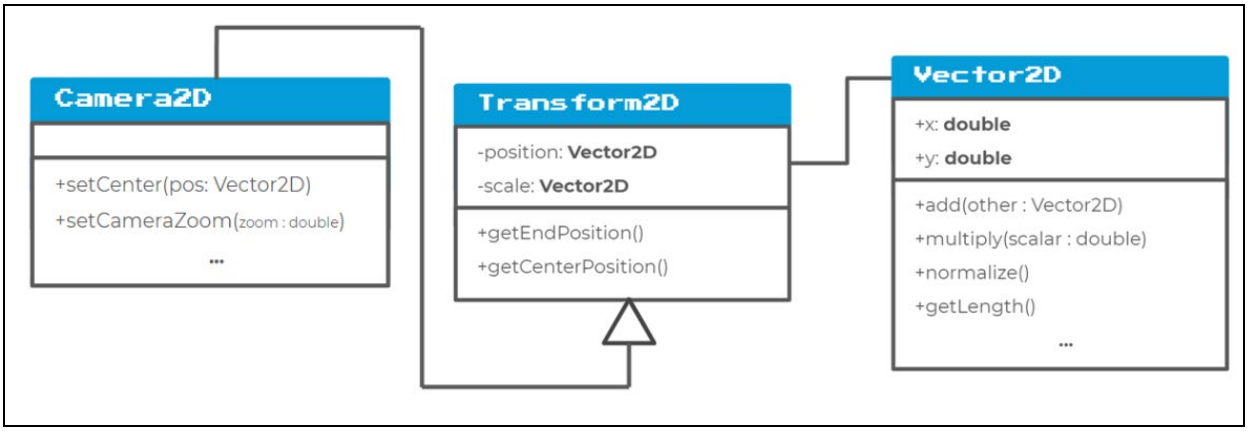
As maiores vantagens de utilizar o Modelo Espiral no desenvolvimento de jogos são o risco baixo, a possibilidade de começar pelas *Features* mais importantes, rápida prototipação e a viabilidade de mudanças a todo o momento.

Diagrama de Uso



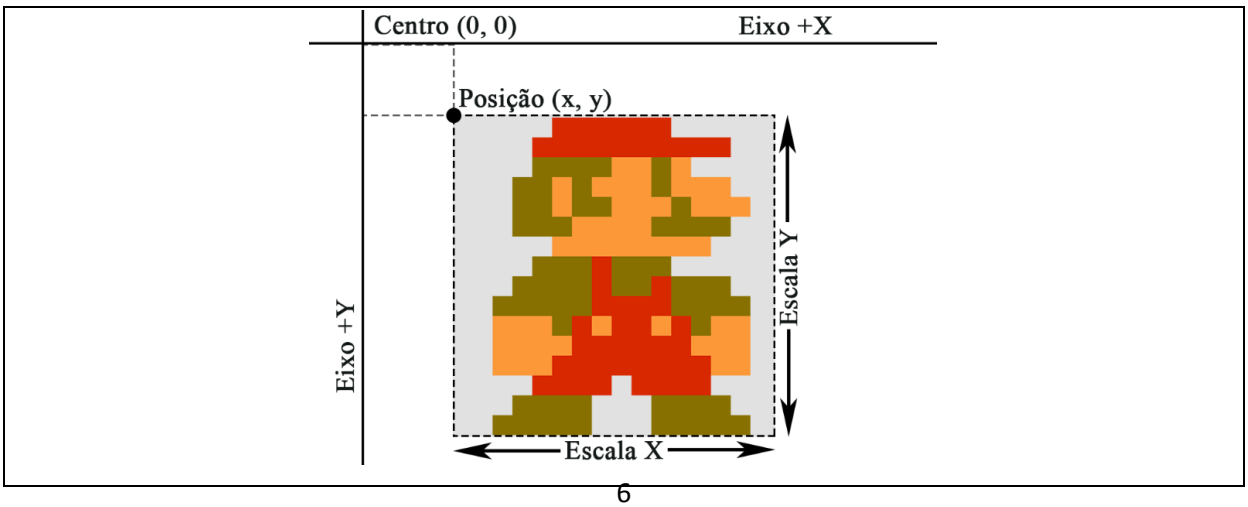
Classes Matemáticas

O primeiro conjunto de classes apresentado é referente, principalmente, a **operações matemáticas** Vetoriais, essenciais para o funcionamento de qualquer jogo digital com imagens na tela. Segue um breve diagrama de classes (UML) seguido de uma explicação detalhada:



A classe ***Vector2D*** armazena dois números ***double*** e possui algumas das operações mais básicas para operar vetores, tais como soma, subtração, multiplicação e divisão por escalar, normalização do vetor, obter tamanho. A classe ***Transform2D*** armazena dois vetores: um para a posição e outro para a escala. Para entender o funcionamento do ***Transform2D***, é necessário entender como os objetos (e/ou ***sprites***) são desenhados na tela e quais os parâmetros necessários.

É importante ressaltar que o ***Graphic*** da linguagem Java (utilizado para desenhar as primitivas na tela) considera o eixo X da esquerda para a direita e **o eixo Y de cima para baixo**. Ou seja: somar um valor positivo a posição Y de um objeto faz com que ele desça pela tela.



Na imagem apresentada acima é possível identificar exatamente o que os vetores de ***posição*** e ***escala*** representam do objeto. A classe ***Transform2D*** também possui métodos para obter a posição final (posição + escala) e a posição central (posição + escala/2) da entidade.

A classe da câmera (***Camera2D***) reaproveita as funcionalidades do ***Transform2D***, já que uma câmera, por padrão também pode ser representada através dos mesmos parâmetros de posição e escala, mas acrescenta métodos específicos para definir seu centro (posição + escala/2) diretamente e manipular a escala de acordo com o ***Aspect Ratio*** da janela onde o jogo está acontecendo.

NOTA: A câmera tenta abstrair do usuário o conceito de escala, já que essa deve ser calculada baseada no ***Aspect Ratio*** da tela, caso contrário, a imagem exibida na tela ficará esticada. Ainda sim é possível acessar e alterar tal valor diretamente pois pode serde interesse do usuário esticar propositalmente a imagem final para criar algum tipo de efeito especial dentro do jogo.

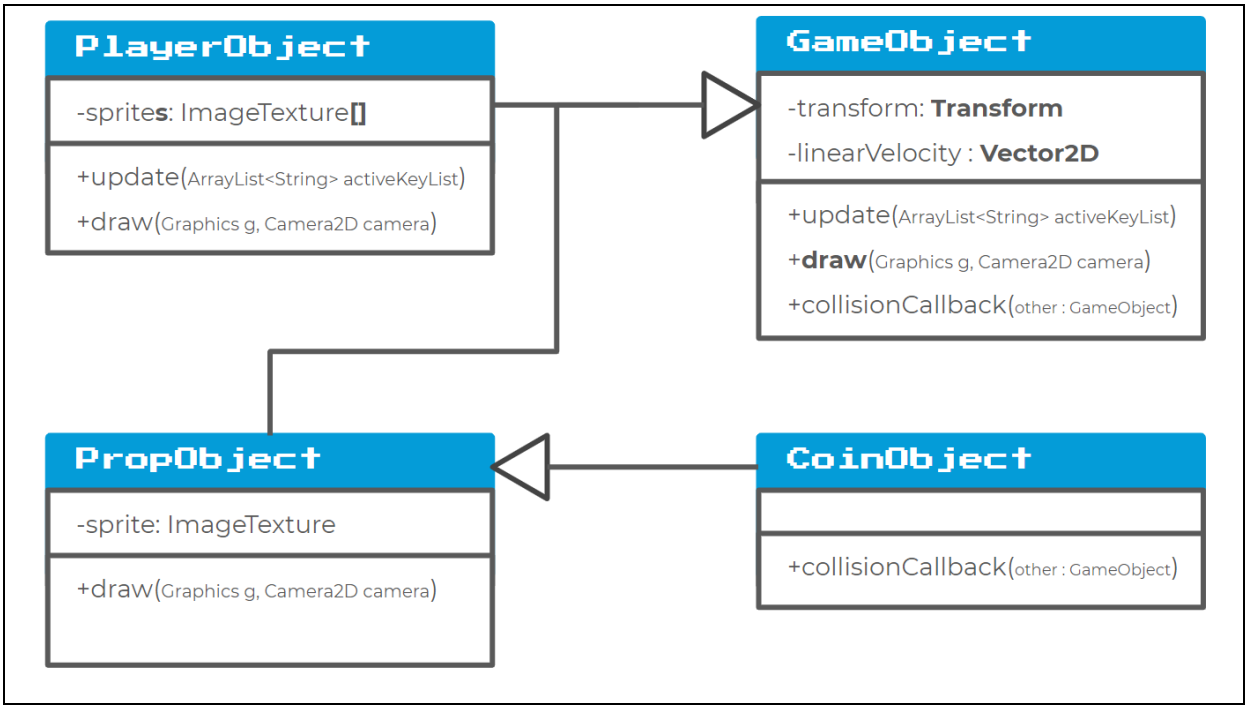
Classes principais:

Um jogo digital pode ser modelado através de uma lista de objetos polimórficos (chamados de ***GameObjects***, ou ***Entities***) com métodos (virtuais) para tratar três situações principais:

- **Executar lógica** e/ou tratar os inputs (entradas) do usuário (jogador). Se o jogador apertar uma tecla, por exemplo, e a personagem do jogo tiver que pular, esse evento será tratado nesse método. Outro exemplo é o cálculo de inteligência artificial para inimigos.
- Responder á **colisões de Física entre objetos**. Para facilitar o desenvolvimento e reduzir as chances de erros, a detecção de colisão bem como o tratamento das mesmas (mover os objetos de forma com que duas entidades com física não ocupem o mesmo espaço – uma dentro da outra) são abstraídas do usuário e calculadas automaticamente pelo ***GameApp***. Ainda sim, para cada colisão detectada entre dois objetos, ambos são notificados através de um método (***collisionCallback***) que recebe o outro objeto envolvido. Isso é necessário, por exemplo, para fazer uma moeda ser excluída quando colidir com o jogador.
- **Renderizar o objeto na tela** (draw). Qualquer ***GameObject*** tem autonomia para se desenhar na tela (ou não ser desenhado) como quiser. Para isso cada entidade do jogo

pode sobrescrever seu método de ***draw*** e conta com dois parâmetros essenciais: o ***Graphic***, classe do ***Java*** necessária para desenhar qualquer elemento na tela, e a câmera (***Camera2D***). Pode ser de interesse do usuário não utilizar a câmera (ou todos os seus parâmetros) para desenhar o objeto como, por exemplo, para criar ima imagem estática de fundo (***background***) que não se altera em relação a câmera ou elementos de interface que tem uma posição fixa.

Conforme mencionado, o ***GameObject*** é uma classe polimórfica que pode ser herdade para a criação de diferentes tipos de entidades no jogo: Moedas, paredes, personagens, inimigos, tiros, etc. Abaixo um diagrama de classes UML exemplificando seu uso:



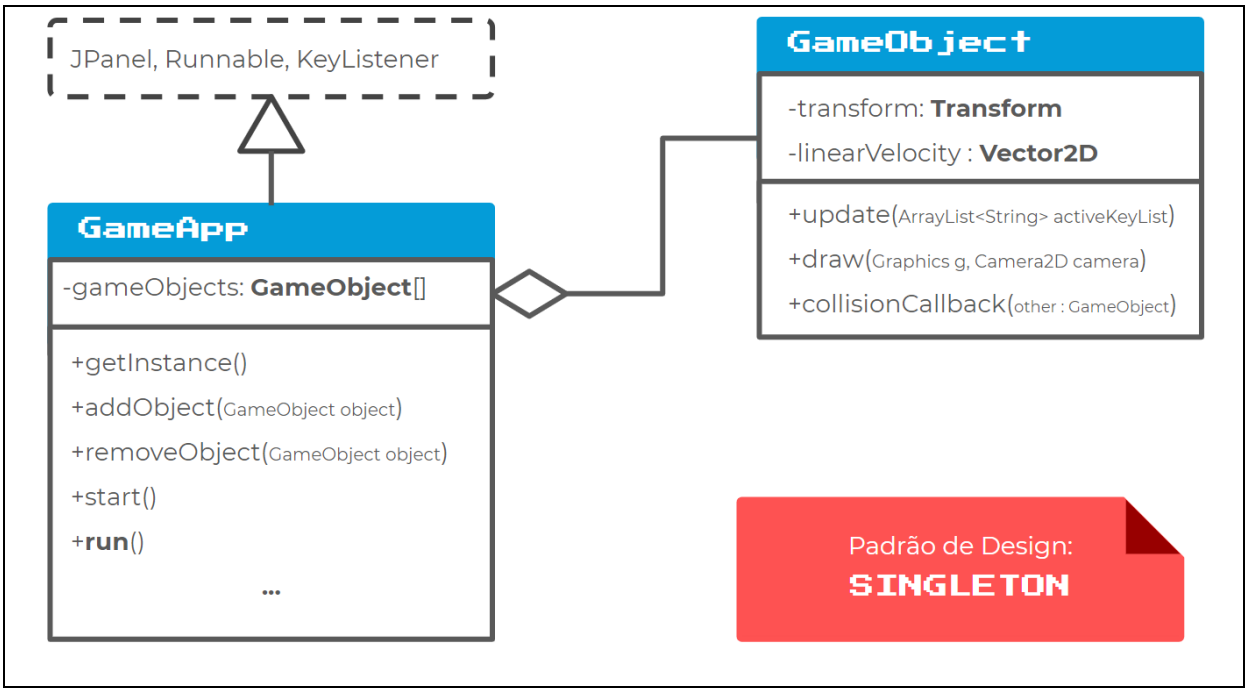
Para gerenciar e executar todo esse conjunto de objetos polimórficos e também ser responsável pela criação de uma janela do sistema operacional e detectar as entradas de teclado corretamente, uma classe ***GameApp*** é utilizada. Ela tem como função principal executar um loop (conhecido como ***Game Loop***) que gerencia todos os ***GameObjects*** do jogo. Veremos detalhes sobre o game loop a frente.

A classe ***GameApp*** também possui métodos para adicionar e/ou remover ***GameObjects***. Tais métodos devem ser tratados de forma especial, através de ***queues*** (listas de esperas) para serem resolvidos sempre ao final de cada gameloop. Isso é necessário pois um objeto, durante a execução de seu método de ***update*** ou de ***collisionCallback***, pode solicitar a adição ou

remoção de outro objeto, o que resultaria na modificação da ***ArrayList*** de ***GameObject*** durante sua iteração, causando erros.

Para garantir que tais funcionalidades como o gerenciamento de Janelas do sistema operacional e o reconhecimento de inputs (entradas) do usuário, o ***GameApp*** extende a classe padrão Java ***JPanel*** e implementa as interfaces padrões ***Runnable*** e ***KeyListener***.

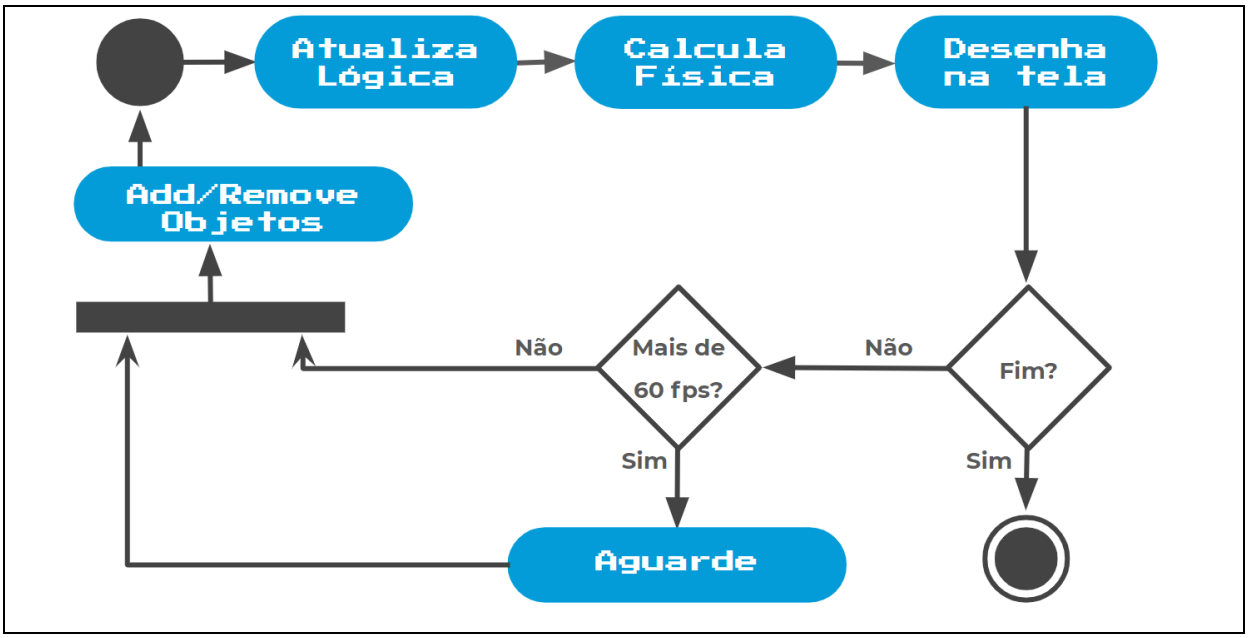
Abaixo um diagrama de classes UML demonstrando a estrutura básica do ***GameApp***:



É essencial que a classe ***GameApp*** seja acessível globalmente, para permitir que um ***GameObject*** adicione/remova outro ***GameObject*** ou acesse a câmera do jogo, por exemplo. Também é importante garantir que apenas uma instância dessa classe seja criada, pois ela é a classe principal que controla todo o estado do jogo. Outra instância significaria outro jogo (software) completamente independente sendo executado no sistema. Para atender a esse requisito o padrão de design ***Singleton*** foi utilizado.

O método ***run***, responsável por executar o game loop, tenta manter uma taxa de execução próxima de 60 vezes por segundos. Caso o computador seja mais potente e demore menos do que isso para processar os dados, o thread do jogo é colocado para dormir por alguns milissegundos até que a taxa seja respeitada. Isso é necessário para evitar que o game tenha velocidades diferentes em diferentes computadores. Nesse loop todos os três casos citados anteriormente sobre os ***GameObjects*** (atualização da lógica, tratamento de física e

renderização) são computados, na ordem apresentada. No diagrama de atividades abaixo é possível verificar a lógica executada em cada iteração do loop.



O guarda ***"Fim?"*** verifica se houve alguma interrupção do loop, como o jogador ter fechado a janela do jogo. Perceba que há um passo extra, logo no final do loop, para tratar a adição e/ou remoção de objetos.

Cálculo de Física

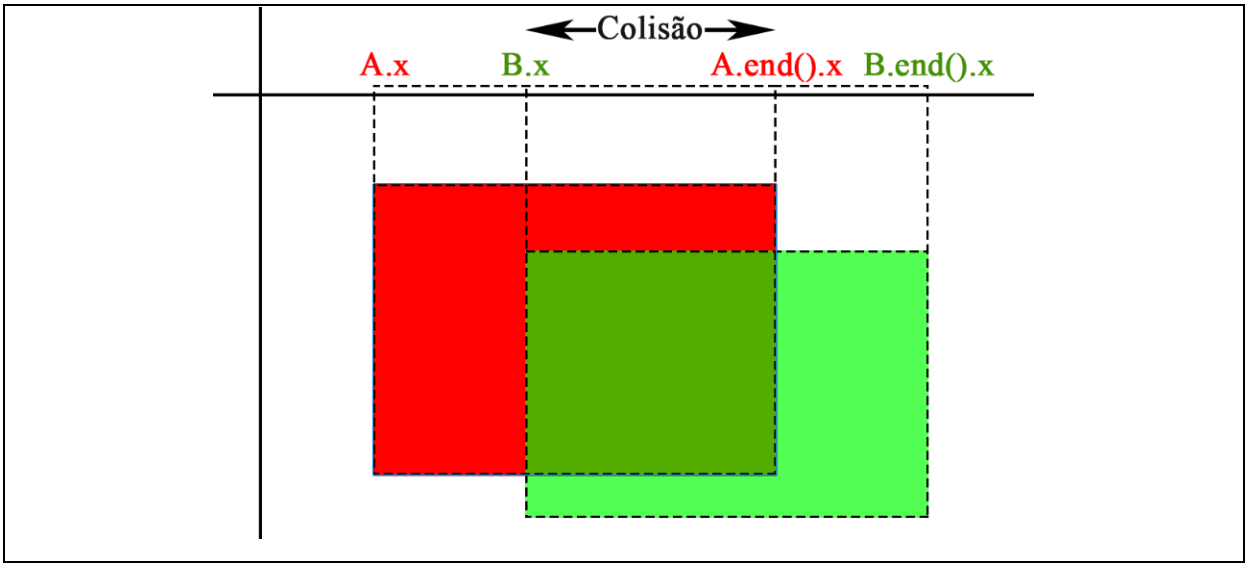
Durante o game loop, logo após a atualização da lógica dos objetos (método ***update*** dos ***GameObjects***) e antes de desenhar na tela, há o cálculo e física entre os objetos. Essa etapa consiste em, para cada objeto na cena, percorrer todos os objetos (complexidade assintótica $O(n^2)$) e realizar três passos:

- Verificar se dois objetos estão se sobrepondo Se sim, então houve uma colisão e os dois passos seguintes podem ser executados.
- Tratar a colisão quando necessário.
- Chamar o método de ***CollisionCallback*** dos dois objetos envolvidos.

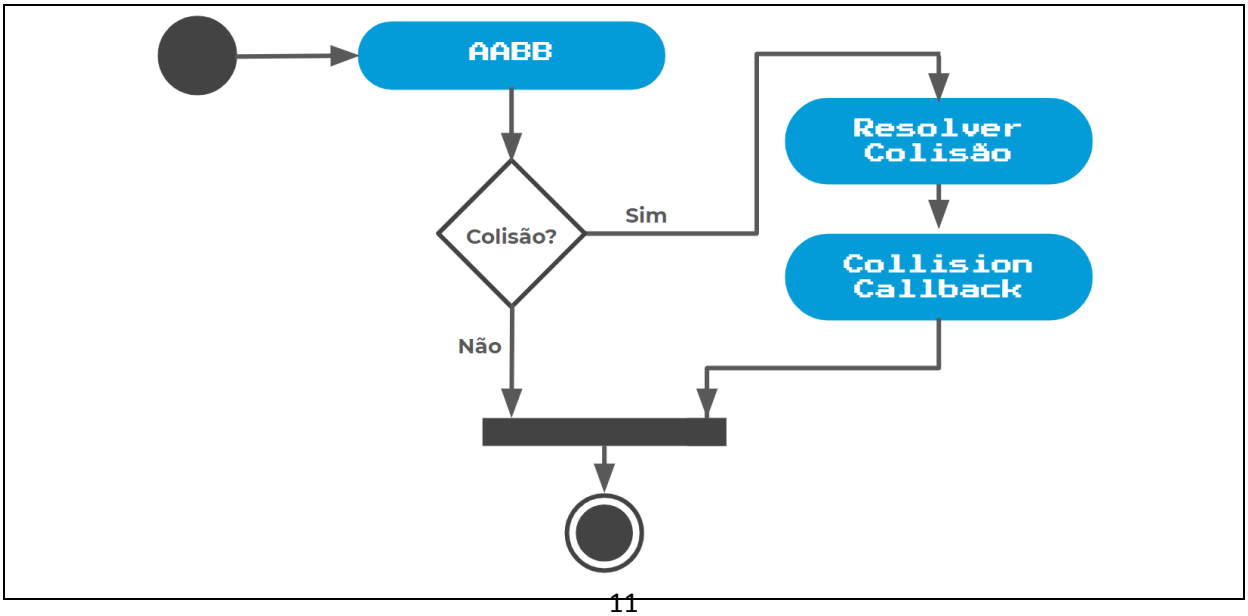
Nota: Há métodos e podas que reduzem a complexidade assintótica do cálculo de física, mas vai além do escopo desse jogo e, em casos de projetos mais simples como esse tal

complexidade não afeta o desempenho de forma significante, já que a quantidade de objetos na cena é pequena.

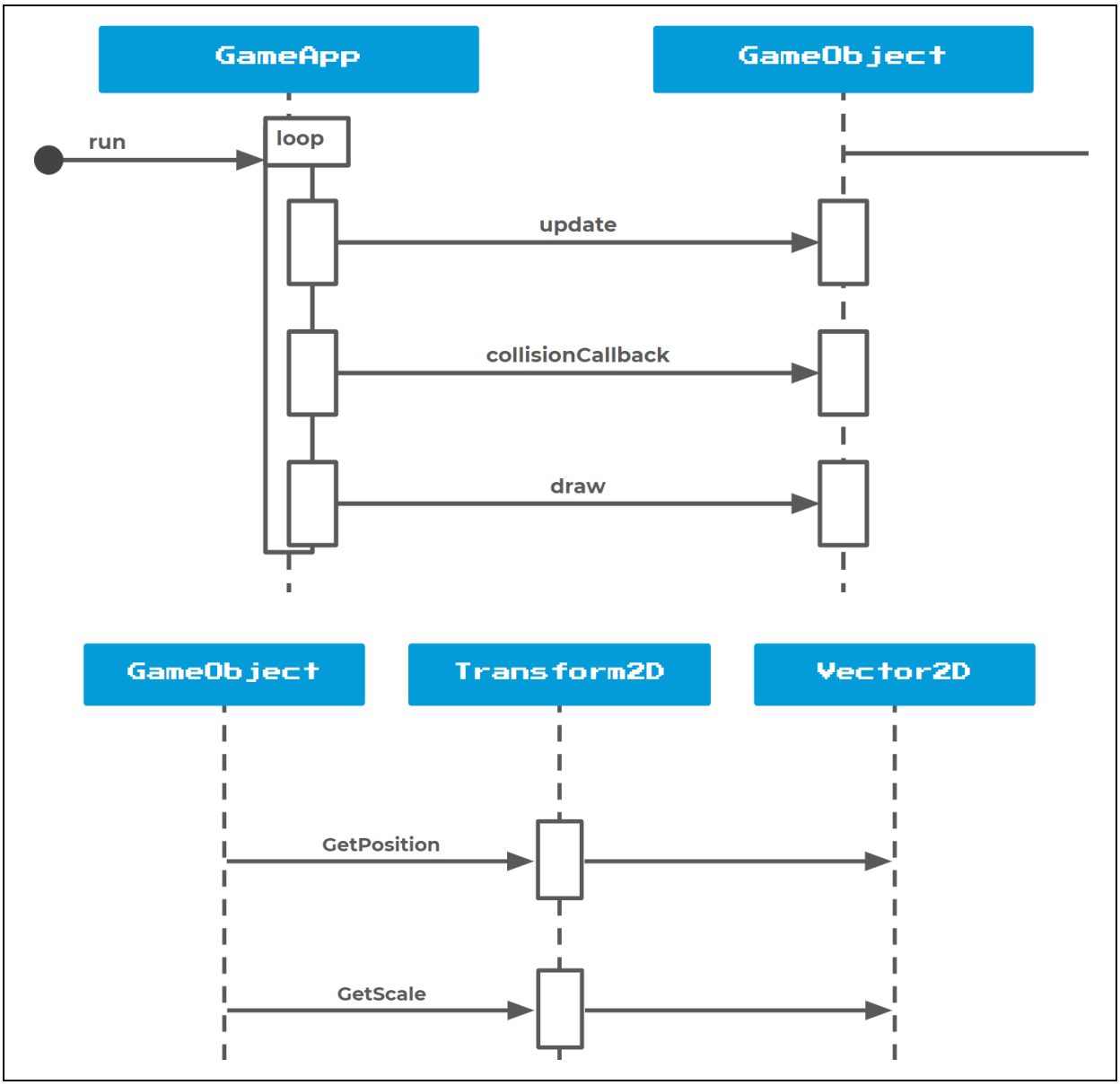
A colisão entre dois objetos, considerando que os ***GameObjects*** tem sempre uma forma geométrica retangular que não pode ser rotacionada (definida pela posição e escala do ***Transform2D***), o algoritmo de detecção de colisão ***Axis-Aligned Bounding Box***, ou **AABB** é o suficiente. Ele funciona verificando se há uma interseção entre cada eixo individualmente, conforme a imagem abaixo. Se houve colisão em todos os eixos (no caso, eixo X e eixo Y), então houve colisão entre os dois objetos.



Em outras palavras, para cada eixo (x e y), se B***.x*** for menor que ***A.end().x*** e ***A.x*** for menor que ***B.end().x***, houve uma colisão no eixo. No diagrama de atividades abaixo é possível identificar todas as etapas de colisão realizadas para cada par de objetos no jogo.



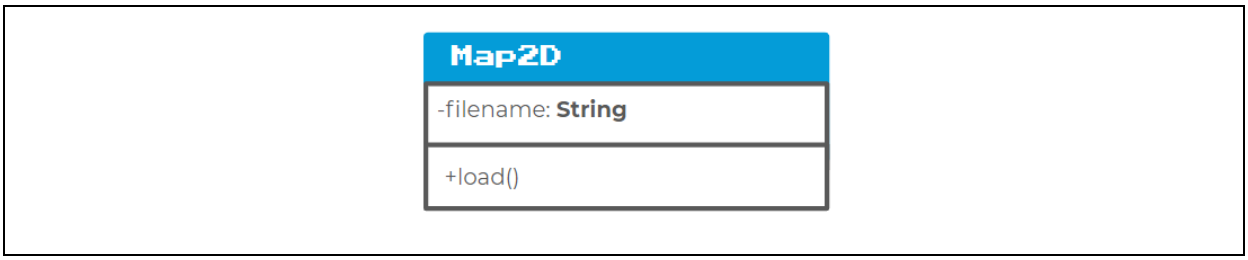
Abaixo o diagramas de sequência UML referentes ao GameApp, GameObject, Transform2D e afins.



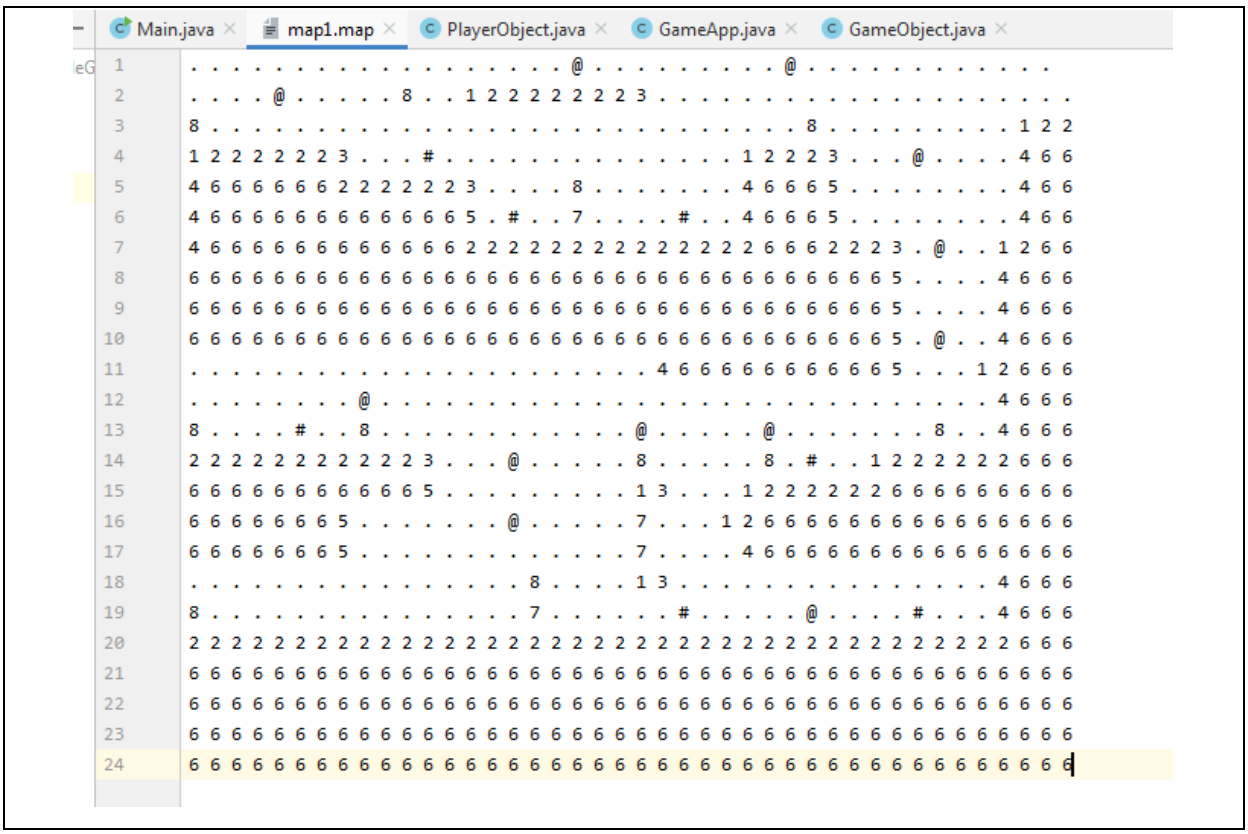
Editor de Mapa

Um dos desafios reais enfrentados durante o desenvolvimento de jogos é a criação dos mapas do jogo. Por se tratar de algo extremamente visual e que geralmente cria e manipula uma quantidade alta de objetos (***GameObjects***), frequentemente um editor específico precisa ser desenvolvido. Para esse projeto, uma classe ***Map2D*** simples foi desenvolvida que tem como único objetivo ler um arquivo com informações do mapa do jogo em disco e carregar

todos os ***GameObjects*** em suas devidas posições, seguindo uma grade. Através do diagrama de classe UML abaixo se pode perceber a simplicidade do ***Map2D***:



Quando o método ***load()*** é executado, o código lê o arquivo da string ***fileName***, que se assemelha a essa sequência de caracteres:



E adiciona ***GameObjects*** específicos de acordo com o caractere apresentado. O ponto final, por exemplo, é ignorado, sendo considerado como um espaço vazio. Onde há uma arroba (@), uma moeda é adicionada e onde há uma cerquilha (#), um inimigo. Os números são associados à lista (***ArrayList***) de sprites carregada no construtor do ***Map2D***, onde um número N lido no arquivo corresponde a posição N-1 na array.

Através dessa classe, inclusive, um mesmo arquivo de mapa pode ser lido e apresentado com aparências diferentes, alterando os ***sprites*** carregados, ou pode ser lido e adicionado ao jogo mais de uma vez (útil para reiniciar uma fase, por exemplo).

Testes Unitários

Apesar de ser um desafio conhecido e discutido criar testes unitários para jogos digitais (principalmente funcionalidades gráficas), há classes em uma ***Game Engine*** que necessitam com prioridade máxima a realização de testes de unidade. Tais classes se referem principalmente a operações matemáticas e vetoriais. Conforme já abordado, algumas classes matemáticas foram implementadas para o desenvolvimento do projeto, tais como a ***Vector2D*** e ***Transform2D***.

Foram criados testes unitários para todos os métodos referentes a essas classes utilizando a biblioteca ***JUnit*** do Java. Tais testes podem ser encontrados no diretório ***src.test.com.game.math***. Nota: Caso algum dos testes esteja comentado, basta remover o comentário e executa-los normalmente.

Conclusão

Lançar mão dos recursos disponíveis através da Engenharia de Software, tais como os modelos de processo, decisões de projeto, diagramação, planejamento e arquitetura de software no âmbito do desenvolvimento de Jogos se mostraram extremamente prático e eficaz, permitindo a implementação em si do código completo desse trabalho em um período de tempo extremamente menor do que o esperado, mesmo sem vasto conhecimento sobre a linguagem Java. Isso mostra que o conhecimento e técnicas desenvolvidas e aplicadas durante a criação do Jogo serviram como fundamento essencial para a criação e escalabilidade do software em questão.

Também foi observado durante o desenvolvimento do trabalho que várias das empresas de médio e grande porte na indústria internacional de jogos fazem o uso das técnicas e métodos aplicados aqui para obter sucesso na criação de seus produtos.

A linguagem Java se mostrou eficiente e totalmente capaz de lidar com o projeto e um jogo digital, permitindo, inclusive, a criação de todo o trabalho sem a necessidade de instalar nenhuma biblioteca externa (exceto JUnit, para testes). Tal feito não é muito comum em outras linguagens populares na indústria de jogos como C++ e Python, resultando em uma vantagem de utilizar Java. Foi observado, também, que grandes jogos comerciais atuais foram desenvolvidos através dessa linguagem, como ***Minecraft*** (inicialmente escrito utilizando a

biblioteca Java lwjgj.org) e ***Equilinox*** (página do jogo à venda na plataforma Steam: < https://store.steampowered.com/app/853550/Equilinox/>).

Referências

- Material de estudo sobre **Engenharia de Software**: < https://homepages.dcc.ufmg.br/~figueiredo/>.
- Livro: **Game Programming Patterns**, autor Robert Nystrom. Cópia digital gratuita (oficial) disponível em < https://gameprogrammingpatterns.com/>.
- Singleton Pattern (extraído do livro do autor Robert Nystrom citado anteriormente) < https://gameprogrammingpatterns.com/singleton.html>.
- Livro: **Clean Code**, autor Robert Cecil Martin.
- Ian Sommerville. Engenharia de Software, 9a. Edição. 2011
- G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson. UML, Guia do Usuário, 2a Edição. Editora Campus, 2005.
- H. M. Deitel, P. J. Deitel. Java: Como Programar, 8a. Edição. Pearson, 2010.
- Koscianski, A.; Soares, M. S. Qualidade de Software, 2a Edição. Novatec, 2007.
- Os ***sprites*** do cenário utilizados na criação do jogo foram obtidos com licença CC0 (domínio público) através do link: < https://opengameart.org/content/a-platformer-in-the-forest>.
- O ***sprite*** usado para exemplificar o funcionamento do ***Transform2D*** nesse documento foi extraído do jogo **Super Mario Bros**, propriedade intelectual da **Nintendo**.
- A Spiral Model of Software Development and Enhancement: https://csse.usc.edu/TECHRPTS/1988/usccse88-500/usccse88-500.pdf.
- Spiral Model For Game Development: Techniques To Develop Games: http://gamedevelopertips.com/spiral-model-for-game-development/.
- Requisitos não funcionais para Jogos Digitais: http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157887.pdf.
- Functional Requirements: https://app.assembla.com/wiki/show/tank_wars/Functional_Requirements.